

# **Magneettista leijuttamista hyödyntävä tuote**

Alexi Kontio

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), hyvinvointiteknologian koulutusohjelma

Tekijä(t) Kontio, Aleksis	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä huhtikuu 2018
	Sivumäärä 59	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Magneettista leijuttamista hyödyntävä tuote</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK) hyvinvointiteknologia		
Työn ohjaaja(t) Siistonen Matti, Alakangas Juhani		
Toimeksiantaja(t) Keskinen Mikko		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää apuväline piilolinssien laittamiseen ja poistamiseen. Laitteen toimintaperiaatteeksi valittiin magneettinen leijuttaminen. Tausta tietoa kerätään siitä, miten magneetit toimivat ja mitä olemassa olevia magneettisia leijutin laitteita, on olemassa. Tavoitteena oli selvittää, onko mahdollista ja järkevää tehdä laite piilolinssien laittamiseen.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin laajasti kirjallisuuden avulla magneettiseen leijuttamiseen ilmiönä ja siihen, mitä vaatimuksia magneettiselle leijuttamiselle on. Selvisi, että kestopagneeteilla tehtävä leijutus on hankalaa, koska magneettien tulee olla liikkeessä. Lisäksi opittiin, että leijutusta ei voida tehdä järkevästi kestopagneeteilla vaan parempi tapa on käyttää sähkömagneetteja.</p> <p>Piilolinssin laittamiseen ei kannata tehdä niin kallista, laitetta, koska on olemassa imukupilla toimiva piilolinssin laittamiseen suunniteltu laite. Opinnäytetyössä selvitettiin myös mihin muuhun voitaisiin käyttää magneettista leijuttamista ja päädyttiin kukkaruukun leijuttamiseen, koska kukkaruukku on paikallaan ja siten helpompi leijuttaa. Ensin selvitettiin mikä olisi mahdollinen asiakasryhmä tällaiselle laitteelle. Tuotteesta tehtiin 3d-malli, jotta nähtäisiin miltä, tuote näyttäisi konseptin tasolla. Varsinaista tuotetta opinnäytetyössä ei kuitenkaan tehty.</p> <p>Magneettista leijuttamista ollaan tutkittu yllättävän vähän, koska siitä kertovaan kirjallisuutta oli erittäin niukasti. Silti onnistuttiin suunnittelemaan laite, joka voisi toimia. Rahoittajan löytyessä tuote voitaisiin viedä tuotekehitykseen.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Magneettinen leijuttaminen, tuotesuunnittelu, tuotekehitys, stage-gate		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Kontio, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2018
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 59	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Product that uses magnetic levitation</b>		
Degree programme Degree Programme in wellness technology		
Supervisor(s) Siistonen Matti, Alakangas Juhani		
Assigned by Keskinen Mikko		
<p>Abstract</p> <p>Goal of the thesis was, to develop a product for applying and removing contact lenses. Working method for the device was decided to be magnetic levitation. Background information was collected of about how magnets work and what kind of magnetic levitation devices there is. The goal was to find out if it's possible to and reasonable to such device.</p> <p>In the thesis was familiarized to magnetic levitation as phenomenon and to what requirements magnetic levitation has. Was discovered that magnetic levitation with ferromagnets is hard because magnets must be in constant movement. It was also discovered that stable magnetic levitation is achieved with electromagnets.</p> <p>It's not reasonable to make such expensive device for applying contact lenses, when there are very cheap alternatives, which use suction cup mechanism. In the thesis was researched if there are other places where to use magnetic levitation. Eventually ending up to levitating flower rack. Decision was made to flower rack because it's not in movement and therefore easier to levitate. First it was decided that what kind of customer group we are aiming at. Then was made rough 3d-models to see how it would look like. Actual product was not made in the thesis.</p> <p>Magnetic levitation was researched surprisingly little. Literature regarding to magnetic levitation was very limited. Still was possible to design a product that should work. If funding was found product development could start.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Magnetic levitation, product development, product design, stage-gate		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Idea syntyy.....	4
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet.....	4
1.3	Hyödyn saajat .....	5
<b>2</b>	<b>Magneetti .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Ääniaallot.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Newtonin gravitaatiolaki .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Sähkö .....</b>	<b>10</b>
5.1	Sähkömagnetismi .....	11
5.2	Elektroniikka .....	12
<b>6</b>	<b>Esineiden leijuttaminen .....</b>	<b>13</b>
6.1	Ferro- ja diamagneetilla leijuttaminen.....	14
6.2	Levitron lelu .....	15
6.3	Diamagneettinen leijuminen.....	16
6.4	Suprajohde leijuttaminen.....	17
6.5	Kaiutin leijuttaminen .....	18
6.6	Leijuva maapallo.....	19
<b>7</b>	<b>Tuotekehitys .....</b>	<b>20</b>
7.1	Stage-gate tuotekehitysmenetelmä.....	20
7.2	Tuotesuunnittelu .....	22
7.3	Ihmiskeskeinen suunnittelu .....	23
7.4	Ideointi.....	24
<b>8</b>	<b>Työn toteutus .....</b>	<b>25</b>
8.1	Ideointi.....	25

8.2	Portti 1 .....	31
8.3	Vaihe 1 Tutkiminen.....	31
8.4	Portti 2 .....	32
8.5	Vaihe 2 bisnesmalli .....	33
8.6	Alustava konsepti .....	34
8.7	Kukkaruukun leijutin .....	37
8.8	Gate 3 tuotekehitys .....	43
<b>9</b>	<b>Tulokset .....</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>44</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>47</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>49</b>

## Kuviot

Kuvio 1. Magneettisten monettien suunnat .....	8
Kuvio 2. Kaiuttimen tuottama ääni. ....	9
Kuvio 3 sähkömagneettin toimintaperiaate .....	13
Kuvio 4, Magneetilla ja diamagneetilla laijuttaminen. ....	15
Kuvio 5 Levitron toimintaperiaate .....	16
Kuvio 6, Grafiitti leijuu neodiummagneetin päällä .....	17
Kuvio 7, Magneettikenttä suprajohteen ympärillä .....	18
Kuvio 8. Ääni kimpoaa takaisin levystä. ....	19
Kuvio 9. Leijuva maapallo. ....	20
Kuvio 10 Stage-gate malli .....	21
Kuvio 11 Konsepti 1 .....	26
Kuvio 12 Konsepti 2 .....	27
Kuvio 13 Konsepti 3 .....	28
Kuvio 14 Levitating globe alusta.....	28
Kuvio 15 Konsepti 5 .....	29
Kuvio 16 Konsepti 6 .....	30
Kuvio 17 Konsepti 7 .....	30
Kuvio 18 Alustava toimintakonsepti .....	35
Kuvio 19 Leijuva kasvi.....	37
Kuvio 20 3d-malli kukkatelineestä .....	41
Kuvio 21 kukkateline pystyssä.....	42
Kuvio 22 kukkaruukku sisältä .....	42

# 1 Johdanto

## 1.1 Idea syntyy

Idea opinnäytetyön aiheeseen lähti siitä, kun kävin optikolla hakemassa uudet silmälasit ja samalla sain kokeilla piilolinsejä. Piilolinssin silmään laittaminen osoittautui erittäin vaikeaksi, ja puolen tunnin yrittämisen jälkeen optikko suositteli lopettamaan, etteivät silmän lihakset vaurioidu. Kerroin tästä kokemuksesta kaverille, joka käyttää piilolinsejä, ja hän myönsi kokeneensa saman ongelman, silloin kun hän itse alkoi käyttää piilolinsejä. Koska piilolinssin laittaminen on sinällään hankalaa ja vaatii harjoittelua, niin ajattelin, että siihen voisi kehitellä jonkin apuvälineen. Ensin ajattelin paineilman käyttöä, mutta siinä on huonona puolena se, että piilolinssin pitää olla kosketuksissa laitteen kanssa. Lisäksi tämän tyyppisiä tuotteita on jo olemassa. Magneettien käyttäminen tuli mieleen, kun näin Youtube:ssa videon magneettien oudosta ominaisuudesta; jossa magneetti saadaan ”lukittua” tietylle etäisyydelle kolmen magneetin avulla. Videolla tämä tehtiin siten, että magneetit olivat pöydällä. Tästä minulle tuli mieleen, että olisiko mahdollista leijuttaa piilolinssiä ja siten laittaa se silmään.

Opinnäytetyö aloitetaan etsimällä mahdollisimman paljon tietoa kirjoista ja internetistä koskien magneettista leijuttamista, sekä muita leijutus tapoja. Taustatietoa kasvatetaan etsimällä tietoa magneeteista, painovoimasta ja sähkömagneeteista. Lisäksi etsitään tietoa tuotesuunnittelusta ja tuotekehityksestä. Tieto etsitään, koska magnetismi ei ole osa opiskelu alaa. Tietoa etsitään myös sen takia, jotta tulevien konseptien laatiminen olisi realistista ja käytännössä mahdollista toteuttaa. Kun tietoa ollaan saatu tarpeeksi, aloitetaan mahdollisten konseptien suunnittelu. Parhaimman konseptin löydyttyä aloitetaan mahdollisesti prototyypin valmistaminen, jos se on järkevää ja mahdollista.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia leijutustapoja on olemassa ja mihin niitä voi käyttää. Leijutustapoihin pyrittiin perehtymään mahdollisimman tarkasti ja

niiden avulla pyrittiin saamaan kuva, siitä millainen leijutuslaite on mahdollista rakentaa. Tuloksena pitäisi saada vastaus seuraaviin kysymyksiin:

- Voiko leijuttamista tehdä normaaleilla magneeteilla?
- Voiko esine leijua ilmassa lukkiutuneena hylkivien ja vetävien magneettien kentässä?
- Mitä tarvitaan vakaaseen leijuttamiseen?
- Onko leijutuslaitetta mahdollista tehdä helposti?
- Onko järkevää tuotteistaa tällaista laitetta?

Opinnäytetyö aloitettiin etsimällä mahdollisimman paljon tietoa kirjoista ja internetistä koskien magneettista leijuttamista, sekä muita leijutus tapoja. Taustatietoa kasvatettiin etsimällä tietoa magneeteista, painovoimasta ja sähkömagneeteista. Lisäksi etsittiin tietoa tuotesuunnittelusta ja tuotekehityksestä. Tietoa etsitään, koska magnetismi ei ole osa opiskelu alaa. Tietoa etsittiin myös sen takia, että tulevien konseptien laatiminen olisi realistista ja käytännössä mahdollista toteuttaa. Kun tietoa oli tarpeeksi, aloitettiin konseptien suunnittelu käyttäen Stage-gate tuotekehitysmallia. Parhaimman konseptin löydyttyä aloitetaan prototyypin valmistaminen, jos se on järkevää ja mahdollista.

### 1.3 Hyödyn saajat

Magneettista leijuttamista, voidaan käyttää töissä, joissa vaaditaan äärimmäistä hygieenisyyttä. Yksi käyttökohde voisi olla, piilolinssien silmään laittamista auttava laite. Piilolinsskejä laitetaan normaalisti silmään paljain käsin, jolloin silmän infektioriski kasvaa. Tätä infektioriskiä ehkäistään pesemällä kädet, mutta aina käsiä ei pestä niin hyvin, että tartunnalta välttyttäisiin.

Robottiikassa voitaisiin myös hyötyä magneettisesta leijuttamisesta. Robottiikassa on ongelmana se, että robottien on hankala tarttua pieniin esineisiin. Magneettisella leijuttamisella Tarttuminen olisi helpompaa.

Magneettisesta leijuttamisesta voisi olla hyötyä lääketieteessä. Leikkaussalissa voitaisiin liikuttaa instrumentteja potilaan sisässä, siten ettei kirurgin käsien tarvitse olla potilaan sisällä.



Opinnäytetyöstä ei suoraan hyödy mikään yritys, koska sitä ei tehty millekään yritykselle.

## 2 Magneetti

Yleisesti ajateltuna magneetilla tarkoitetaan ainetta, joka vetää rautaa ja metallia puoleensa. Magneetteja käytetään arkielämässä monessa paikassa, mutta yleensä sitä ei tule edes huomanneeksi. Tuttuja käyttökohteita magneeteille on kaiuttimet, sähkömoottorit, pankkikorttien musta juova, HDD-kiintolevyt, kannettavan tietokoneen laturissa oleva muuntaja ja generaattorit. Magneettien tuttuja ominaisuuksia on niiden veto- ja hylkimisvoima. Magneeteissa on aina kaksi kohtiota, joita yleensä kutsutaan etelä- ja pohjoiskohtioksi. Jos magneetin halkaisee kahtia, niin silloin siihen syntyy uudet kohtiot.

Magneetit muodostavat ympärilleen magneettikentän, jota kuvataan kenttäviivoilla. Kenttäviivat ovat silmukoita, jotka ovat aina suljettuja. Silmukan voidaan ajatella alkavan magneetin sisältä ja menevän läpi magneetin pohjoiskohtion ja kiertävän ilmassa eteläkohtioon ja sitä pitkin takaisin aloituspisteeseen. Kenttäviivoilla voidaan havainnollistaa, millainen magneettikenttä on ja minkä suuntainen se on. Magneettikentän voimakkuutta kuvataan magneettivuon tiheydellä. Mitä suurempi magneettivuon tiheys on, sitä voimakkaampi on magneettikenttä. (Peltonen, Perkiö & Vierinen 2004, 9-11)

### Ferromagneetti

Ferromagneettisilla aineilla tarkoitetaan sellaisia aineita, jotka magnetoituvat helposti ja pystyvät pitämään magneettiset ominaisuutensa. Ferromagneetilla on vahvat magneettiset ominaisuudet, koska se sisältää alkeisalueita, joiden suuntaa voidaan muuttaa helposti. Alkeisalueilla tarkoitetaan magneettisen aineen pientä aluetta, jossa atomien magneettiset momentit ovat samansuuntaisia. Kun ferromagneettinen aine tuodaan magneettikenttään, suuri osa alkeisalueista kääntyy tämän ulkoisen magneettikentän mukaisesti. Tällöin ferromagneettinen aine toimii kuin magneetti. Kun ferromagneettinen aine otetaan pois ulkoisesta magneettikentästä saattavat alkeisalueet jäädä samansuuntaisiksi, jolloin siitä tulee kestopagneetti (ks kuvio 1).

Ferromagneettiset aineet jaotellaan magneettisesti pehmeisiin ja magneettisesti koviin aineisiin. Magneettisesti pehmeä aine on sellainen, joka magnetisoituu helposti, mutta myös menettää magnetisoitumisensa nopeasti, kun se otetaan pois ulkoisesta magneettikentästä. Magneettisesti kova aina vastaavasti reagoi hyvin ulkoisessa magneettikentässä, mutta pystyy pitämään magneettiset ominaisuutensa. (Lehto, Havukainen, Maalampi & Leskinen 2011, 12-20); (Alonso & Finn 1992, 698-699)

#### Paramagnetismi

Paramagneettisessa aineessa elektronit liikkuvat siten, että ne kumoavat alkeisalueita. Tämä kumoaminen ei kuitenkaan ole täydellistä. Ulkoisessa magneettikentässä nämä kumoamatta jääneet alkeisalueet pyrkivät kääntymään ulkoisen magneettikentän mukaisiksi, jolloin se vahvistaa ulkoista magneettikenttää hieman. Atomitasolla paramagneettinen aine on pysyvästi magneettinen. (Lehto, Havukainen, Maalampi & Leskinen 2011, 21-22); (Alonso & Finn 1992, 698)

#### Diamagnetismi

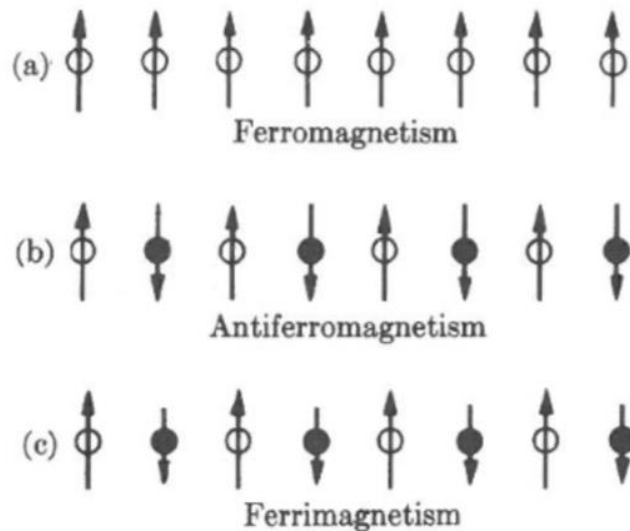
Diamagnetismin toimintaperiaatteen selittämiseen tarvitaan kvanttifysiikkaa, joten Seuraavassa on diamagnetismin periaate pääpiirteittäin. Kun para- ja ferromagneettiset aineet vahvistavat magneettikenttää, niin diamagneettinen aine vastustaa ulkoista magneettikenttää. Diamagnetismia on kaikissa aineissa, mutta jos aineella on magneettisia ominaisuuksia, niin silloin sen diamagneettisia ominaisuuksia on hankala havaita, koska diamagneettinen voima on niin pieni verrattuna magneettisiin voimiin. (Lehto, Havukainen, Maalampi & Leskinen 2011, 21-22); (Alonso & Finn 1992, 697-698)

#### Antiferromagnetismi

Antiferromagneettinen aine ei vaikuta ulospäin magneettiselta, koska sen sisällä magneettiset momentit ovat järjestyneet tasaisesti vastakkaisiin suuntiin, täten kumoten magneettiset ominaisuutensa (ks kuvio 1). (Alonso & Finn 1992, 699)

#### Ferrimagnetismi

Samankaltainen kuin antiferromagnetismi, eli magneettiset momentit kumoavat toisiaan, mutta eivät kokonaan (ks kuvio 1). Ferrimagneettiset aineet ovat hieman magneettisia. (Alonso & Finn 1992, 699)



**Figure 26.12** Orientation of magnetic dipole moments in various substances.

Kuvio 1. Magneettisten momenttien suunnat (Alonso & Finn 1992, 699)

### 3 Ääniaallot

Ääni on värähtelyä jonka ihminen voi kuulla, jos äänen taajuus on 16 - 20 000 Hz. Ääni etenee ilmassa ja väliaineissa, kuten vedessä ja raudassa. Kaikki materiaali joka voi väristä voi tuottaa ääntä. Ääni etenee paineen tihentyminä ja harventumina eli impulseina. Kuvio 2 nähdään kuinka kaiutin (speaker) liikuttaa ilmamolekyylejä (siniset pallot) aaltomaisina pulsseina. Normaalisessa tilassa nämä ilmamolekyylit olisivat tasaisesti jakautuneet tilaan, mutta kaiutin työntää ilmamolekyylejä kasaan, jolloin ilmamolekyylit alkavat työntämään toisia ilmamolekyylejä kasaan. Tästä syntyy ketjureaktio, jossa ääni etenee painetihentymänä ja harventumana ympäri huonetta. Ääni etenee erinopeudella, riippuen täysin siitä missä materiaalissa se etenee. Ilmassa äänen nopeus on 330 m/s kun taas raudassa äänen nopeus on 5200 m/s. Ääni ei etene loputtomasti, koska edetessään se hajaantuu ilmaan ja lopulta ääni-impulssi ei enää pysty työntämään ilmamolekyylejä. Äänen vaimenemiseen vaikuttaa myös muut teki-

jät kuten materiaalin viskositeetti Äänen voimakkuutta kuvataan joko äänen intensiteettitasolla (ks. Kaava 1) tai äänenpainetasolla (ks kaava 2). Kummallakin menetelmällä saadaan sama tulos desibeleissä (dB), mutta laskukaava on eri.

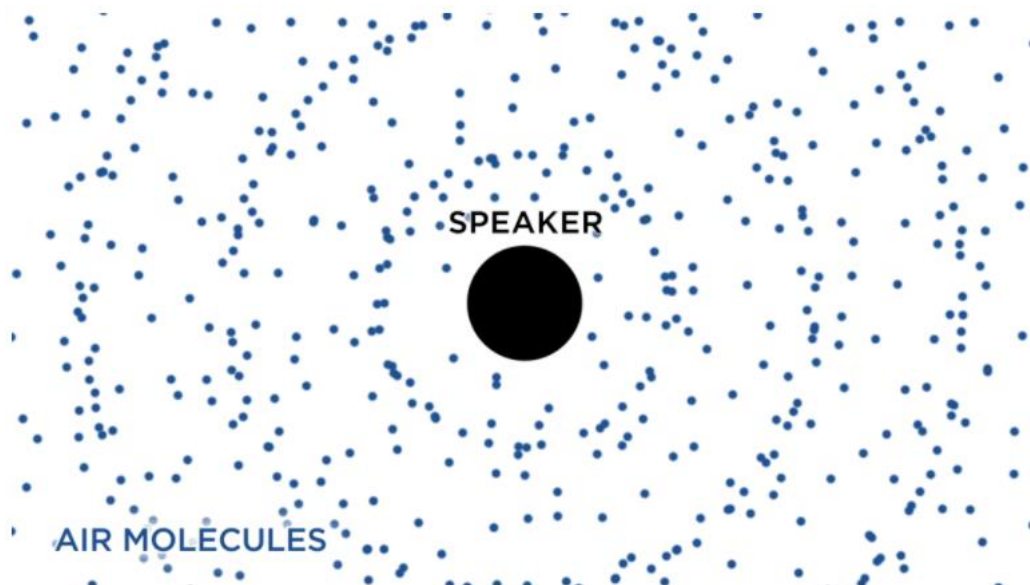
Äänen intensiteetti taso:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ dB} \quad (\text{Kaava 1})$$

Äänen painetaso:

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ dB} \quad (\text{Kaava 2})$$

Laskukaavoista huomataan, että ne ovat logaritmisia. Tätä käytetään siksi, että ihmisen kuulo toimii logaritmisesti. Alussa olevalla kertoimella saadaan tuloksista isompia.  $I_0$  kuvastaa ihmisen kuulokynnyksen intensiteetti tasoa. Kuulokynnyksen äänen tehollista arvoa kuvastaa  $p_0$ . (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2004, 126-157)



Kuvio 2. Kaiuttimen tuottama ääni (Cole 2014).

## 4 Newtonin gravitaatiolaki

Esineiden leijuttamisen yksi tärkeä asia, joka pitää ottaa huomioon on painovoima. Jos painovoimaa ei olisi, niin kaikki esineet leijuisivat muutenkin. Esineiden leijuttamisen ideana on siis tuottaa voimaa, joka on silmälle näkymätöntä ja se on yhtä suuri ja vastakkaissuuntainen kuin maan vetovoima.

Newtonin mukaan kaikki esineet koosta riippumatta vetävät puoleensa kaikkia esineitä joka on verrannollinen massojen tuloon ja kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön, joka huomataan kaavasta 3.

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (\text{Kaava 3})$$

Kaavassa on  $G$ , joka on gravitaatio vakio.  $G=6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ , jonka on määrittänyt Sir Henry Cavendish. Kaavan muut komponentit ovat  $m_1$ , joka on kappaleen 1 massa ja  $m_2$ , joka on kappaleen 2 massa. Kappaleiden etäisyyttä toisistaan kuvataan kirjaimella  $r$ . Kaavasta saadaan tulos  $F_g$ , joka kertoo hiukkasten välisen voiman. Kaavasta voidaan päätellä, että kappaleen tulee olla erittäin massiivinen, jotta vetovoima on tarpeeksi suuri liikuttamaan kappaleita. Lisäksi huomataan, että mitä kauemmaksi kappaleet erotetaan, sitä heikommaksi vetovoima tulee. Vaikka kappaleiden vetovoima toisiinsa on sama, niin silti kappaleiden kiihtyvyys on eri. Kappaleen kiihtyvyyteen vaikuttaa kaava 4. Kiihtyvyyttä kuvaa kirjain  $a$ .

$$a_1 = \frac{F_g}{m_1} \quad (\text{Kaava 4})$$

(Inkinen & Tuohi 1999, 249-252)

## 5 Sähkö

Sähköllä tarkoitetaan yleensä ilmiötä, jossa laite toimii sähkövirralla. Kun tätä ilmiötä tarkastellaan tarkemmin, huomataan että sähköllä tarkoitetaan elektroneja ja niiden liikettä. Sähköinen varaus tai jännite syntyy kahden kappaleen välille silloin, kun toisella puolella on ylimääräisiä elektroneja ja toisella puolella on elektronien vaje. Yhdistämällä nämä kaksi kappaletta esimerkiksi kuparisella johdolla, alkavat elektro-

nit siirtyä kappaleeseen, jossa on vähemmän elektroneja. Elektronien liikkuesssa syntyy virta, jota kuvataan yksiköllä ampeeri (A). Sähköisesti varatut kappaleet käyttäytyvät hieman samalla tavalla kuin magneetit. Positiivisesti varattu kappale vetää puoleensa negatiivisesti varattua kappaletta. Vastaavasti positiivisesti varattu kappale hylkii toisia positiivisesti varattuja kappaleita ja negatiivisesti varattu kappale hylkii negatiivisesti varattuja kappaleita. Sähköistä varausta kuvataan coulombilla (C).

## 5.1 Sähkömagnetismi

Sähkövirta muodostaa ympärilleen magneettikentän. Magneettikentän suunta suorassa johtimessa on myötäpäivään, kun sähkövirta liikkuu tarkastelupisteestä katsottuna pois päin. Magneettikentän suunta suoran johdon ympärille on helppo määrittää. Laittamalla oikea käsi nyrkkiin ja ojentamalla peukalon, voidaan kuvitella, että peukalo kuvastaa sähkövirran suuntaa suorassa johtimessa ja nyrkissä olevat sormet kuvastavat magneettikentän suuntaa. Sormet osoittavat magneettikentän suunnan siten, että magneettikentän suunta on sormien nivelistä kynsiin päin. Magneettikentän voimakkuuteen vaikuttaa virtajohtimessa kulkevan virran suuruus. Mitä suurempi on sähkövirta, sitä suurempi on magneettikenttä. Magneettikenttä heikkenee, mitä kauemmaksi mennään magneettikentästä. (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2004, 23-28)

Faradayn lain mukaan muuttuva magneettikenttä indusoi johtimeen virran. Johtimeen syntyvän jännitteen suuruus on verrannollinen magneettivuon muutosnopeuteen. Lenzin lain mukaan virran suunta, joka johtimeen tulee on magneettivuon muutosta vastaan. Esimerkkinä voidaan kuvitella tilanne, jossa magneetti tippuu johdin silmukan läpi. Koska magneetin magneettivuo liikkuu alaspäin, haluaa johdin vastustaa tätä muutosta. Johtimeen syntyy virta, joka on vastapäivään ylhäältä tarkasteltuna. Virran suunta voidaan tarkkailla siten että mietimme, millaisen magneettikentän vastapäivään liikkuva virta muodostaa. Laittamalla oikean käden nyrkkiin ja peukalon pystyy, huomaamme, että jos virran suunta on vastapäivää, niin johtimen sisäkehällä magneettikentän suunta on ylöspäin. Näin, johdin pystyy vastustamaan muuttuvaa magneettikenttää. (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2004, 38-39)

## 5.2 Elektroniikka

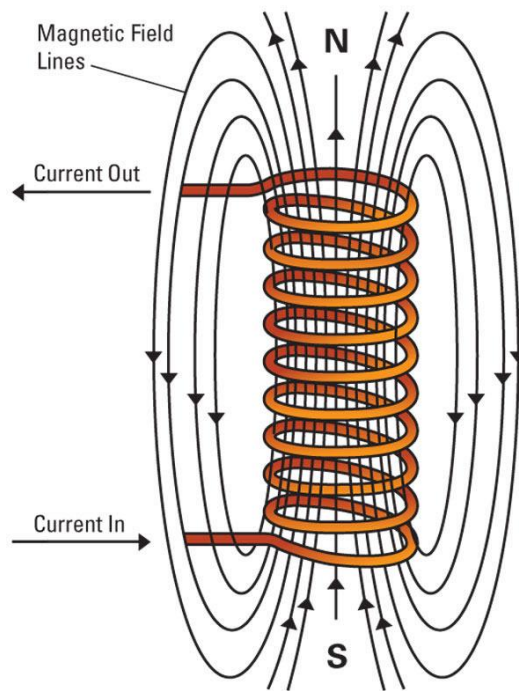
Elektroniikasta voidaan puhua laitteista, jotka toimivat joko analogisella datalla tai digitaalisella datalla. Ensimmäisiä elektronisia laitteita ovat olleet lennätin, puhelin ja radio. Nämä ensimmäiset laitteet ovat toimineet analogisesti eli muuttivat sini-aallon voimakkuutta eli jännitearvoa. Analogisen elektroniikan heikkous on se, että ne ovat alttiita taustakohinalle. Alkuperäisen lähetetyn signaalin sini-aaltoon voi tulla säröytymiä, jolloin lähetetty signaali ei ole alkuperäisen tasoinen. Digitaalisessa elektroniikassa lähetettävä tieto muutetaan dataksi ja tarkemmin katseltuna arvoiksi 1 tai 0. Tämän vahvuus on siinä, että digitaalisena datana voidaan lähettää mitä tahansa tiedostoja, kuten kuvia, ääntä ja tiedostoja. Analogisen elektroniikan vahvuutena voidaan pitää sitä, että jos lähetetään esimerkiksi radioaalloilla ääntä, niin vaikka toinen laite ei kuulisi puhetta kunnolla, saattaa siitä silti saada taustakohinan seasta selvää. Toisin kuin analogisessa äänen lähettämisessä ei haittaa, vaikka signaali heikkenisi jonkin verran, on se digitaaliselle signaalille erittäin haitallista. Digitaalisessa signaalissa ääntä ei välttämättä saada lainkaan, jos datasta puuttuu liian paljon tiedonpalasia.

### Hall-anturi

Hall-anturilla voidaan mitata magneettikentän voimakkuutta. Toiminta perustuu siihen, että hall-anturin läpi kulkee sähkövirta. Sähkövirran nopeus muuttuu magneettikentän muuttuessa. Tällä tiedolla tiedetään, onko magneettikenttä voimistumassa vai heikentymässä, mistä taas voidaan päätellä, onko magneetti tulossa hall-anturia kohti vai onko se menossa anturista poispäin. (Peltonen, Perkiö, Vierinen 2004, 14)

### Sähkömagneetti

Sähkömagneetti toimii siten, että lankaa, kuten kuparilankaa, kieritetään kerälle ja siihen syötetään tasasähkö virta. Kuviosta 3 nähdään kuinka sähkö virtaa alhaalta (Current in) johtimeen ja alkaa kiertämään johtimen lenkkejä ylöspäin. Sähkö virta tulee lopulta ulos johtimen yläpäästä (Current out). Sähkövirta aiheuttaa liikkueessaan ympärilleen magneettikentän joka toteutuu oikeankäden säännön mukaan.



Kuvio 3 sähkömagneettin toimintaperiaate (Electromagnets N.d.)

## 6 Esineiden leijuttaminen

On useita leluja, joissa on ideana leijuttaminen, kuten kaksi ympyrä magneettia kynässä ja niiden alapuolella hylkivät magneetit. Magneetit hylkivät kynää ylöspäin, mutta kynän terä osuu pieneen seinään. Tämä ei ole täydellistä leijuttamista, koska kynä tukeutuu seinää.

Todellinen leijumine on Levitron nimisellä lelulla. Sen idea perustuu siihen, että lelulla on alusta, jossa on keskellä vetävä magneetti ja reunoilla hylkivät donitsi magneetti. Leijuva esine on hyrrä, joka pitää saada pyörimään tarpeeksi kovaa, jotta se pystyy leijumaan. Hyrrän pitää pyöriä, jotta saadaan kumottua kuuden suunnan liike, eli x,y ja z sekä kiertokulmat. Levitron-lelusta on myös sähkömagneeteilla toimiva versio. Sähkömagneeteilla hyrrä saadaan pyörimään, niin kauan kunhan hyrrän tila pysyy stabiilina. (Livingston 2011)

Earnshawin teorian mukaan esineitä ei voi leijuttaa pelkästään ferromagneettisesti, ilman että käytetään energiaa. Magneetit pyrkivät aina löytämään tasapainopisteen



ja sen saavuttamiseksi magneetit pyrkivät liikkumaan siten, että ne saavuttavat tasapainopisteensä. Magneettia leijutettaessa magneetin on helpompi kääntyä, jolloin magneetit helposti kääntyvät magneettivuonsuuntaisiksi ja tällöin magneetit tarttuvat toisiinsa kiinni. Ferro ja diamagnetismilla on saatu aikaan leijumista, jossa ei kulu energiaa. (Levitation possible N.d.)

## 6.1 Ferro- ja diamagneetilla leijuttaminen

Kuviossa 4 leijuu pieni musta kuutio, ilman että systeemiin tuodaan energiaa mistään. Tämän laite toimii siten että laitteen päällä on voimakas magneetti, jonka etäisyyttä pystytään säätämään. Mustan kuution ylä- ja alapuolella on vahvat diamagneetit, jotka vastustavat magneettikenttiä. Laitteen kaikkia komponentteja pystytään säätämään tarkasti, jolloin voidaan etsiä tasapainotila, jossa ylhäällä oleva magneetti vetää pientä kuutiomagneettia tarpeeksi, jotta se nousee ilmaan alemmasta diamagneetista. Diamagneetteja tulee säätää siten, että ne hylkivät pientä kuutiomagneettia sopivasti. Diamagneettien ollessa liian lähellä toisiaan ylhäällä olevan ison magneetin magneettikenttä ei pääse tarpeeksi voimakkaana pienelle magneetille, jolloin se ei jaksakaan nostaa pientä magneettia ilmaan. Diamagneettien ollessa liian kaukana toisistaan pieni magneetti nousee ylös isoon magneettiin kiinni, koska sen vetovoima on niin suuri. (Jfehr67 2011)



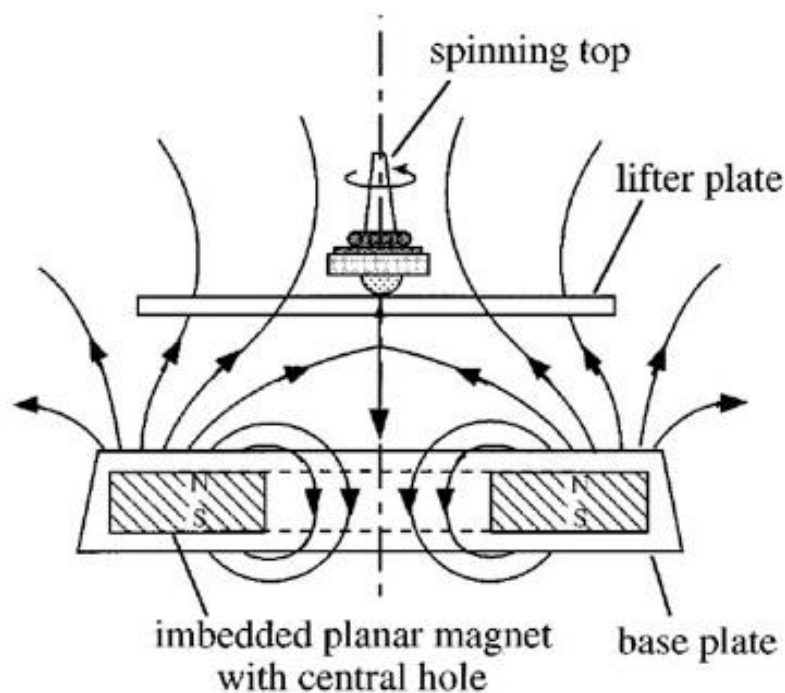
Kuvio 4, Magneetilla ja diamagneetilla laijuttaminen. (Jfehr67 2011)

## 6.2 Levitron lelu

Levitron on lelu, jonka idea on se, että hyrrä leijuu ilmassa magneettisilla voimilla. Lelu toimii siten, että hyrrä laitetaan pyörimään alustan päälle (ks. kuvio 5. lifter plate). Alustaa nostetaan ylöspäin, kunnes hyrrä (spinning top) saavuttaa tasapainopisteen. Seuraavaksi alusta otetaan pois hyrrän alta. Hyrrä pyörii ilmassa, niin kauan kunnes sen vauhti hidastuu sen verran, että se tippuu alas.

Levitron toimii yhdellä isolla kestopagneetilla ja yhdellä pienellä kestopagneetilla. Iso kestopagneetti on lelun alustassa (ks. kuvio 5. imbedded planar magnet with central hole). Pieni kestopagneetti on pyörivässä hyrrässä. Pyörivään hyrrään laitetaan, myös pieniä painoja, jolla saadaan tasapainotettua leijumista (Livingston 2011, 49). Hyrrä leijuu alustan päällä, koska hyrrän alapuoli ja alustan yläpuoli hylkivät toisiaan. Hyrrä yrittää kääntyä ympäri, koska magneetti pyrkii kääntymään suuremman magneetin magneettikentän mukaiseksi. Hyrrä ei kuitenkaan pysty kääntymään, koska pyörimisliikkeen aiheuttama momentti on isompi. Hyrrä pitää saada pyörimään

alustan päällä oikealla nopeudella, koska liian hidas nopeus ei anna tarpeeksi suurta pyörimismomenttia. Liian suuri pyörimisnopeus aiheuttaa sen, että hyrrä ei pysty uudelleenorientoitumaan, kun se liikkuu hieman. Magneetti lämpenee hyrrän pyöriessä, joka heikentää magneetin magneettikenttää. Magneettikentän heiketessä hyrrä laskee hieman alemmaksi, joka otetaan huomioon siten, että hyrrästä vähennetään painoja. (Deshmane, Fisher, Seitz & Szeto 2011)

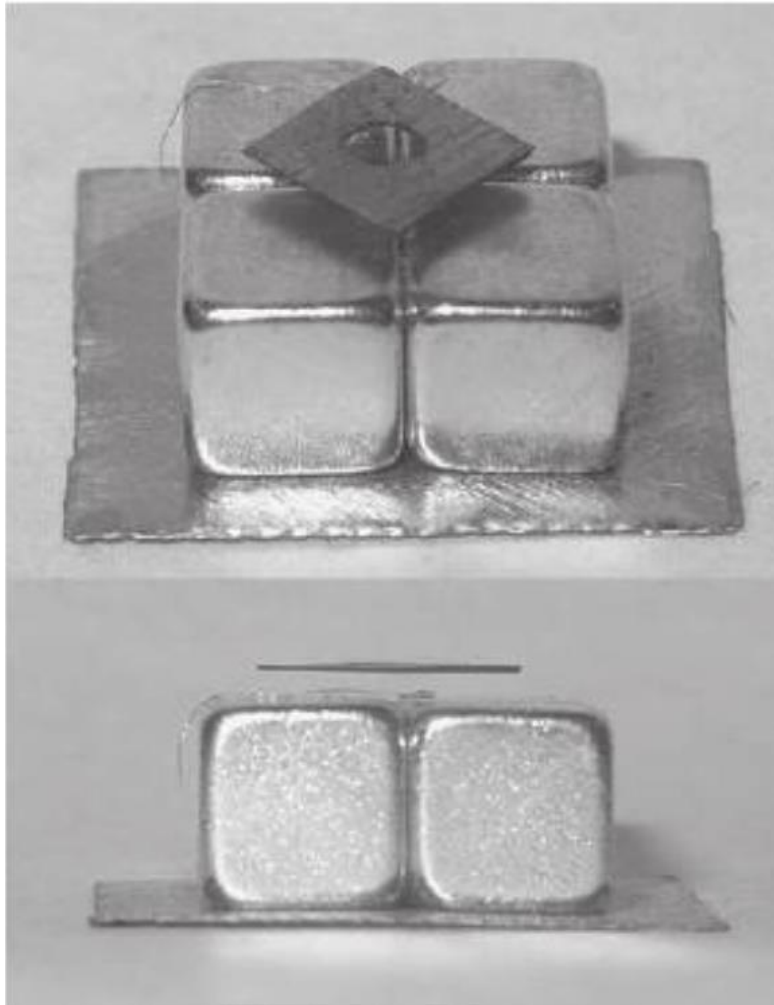


Kuvio 5 Levitron toimintaperiaate (Deshmane, Fisher, Seitz & Szeto 2011)

### 6.3 Diamagneettinen leijuminen

Diamagneettinen leijuttaminen perustuu siihen, että aine vastustaa magneettikenttää, eli aine pyrkii liikkumaan pois magneettikentästä. Diamagnetismi on erittäin heikkoa ja sitä on kaikissa aineissa. Suurin hylkimisominaisuus on havaittu grafiitissa. Grafiitin leijuttamiseen tarvitaan erittäin voimakas magneetti kenttä, joka tuotetaan Neodiumkestomagneeteilla. Kuviossa 6 nähdään, kuinka ohut grafiitti levy leijuu neodiumkestomagneetin päällä. Hylkimisvoima on heikoimmillaan kuutionmallisten

magneettien liitoskohdassa, jolloin grafiitti saavuttaa tasapainopisteensä siellä. (Rising force 2011, 89-95)

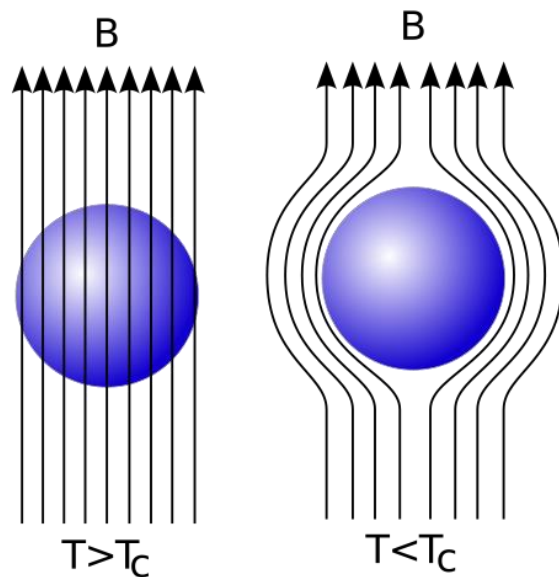


Kuvio 6, Grafiitti leijuu neodiummagneetin päällä (Rising force 2011, 91)

#### 6.4 Suprajohde leijuttaminen

Suprajohteilla tarkoitetaan aineita, joilla on kyky johtaa sähköä aiheuttamatta vastusta ja joilla on täydellinen tai erittäin hyvä diamagneettinen kyky, kun aine on jäädytetty lämpötilaan, joka on alle  $T_c$ , millä tarkoitetaan kriittistä lämpötilaa. Normaali-lämpötilassa hyvät johteet, kuten kupari, hopea ja kulta, eivät suprajohtaa sähköä. Normaalissa lämpötilassa eräät diamagneettiset ja jotkin paramagneettiset aineet ovat kriittisessä lämpötilassa suprajohtavia. Suprajohteet jaetaan kahteen luokkaan. Tyyppi I suprajohteet ovat puhtaita alkuaineita ja ne menettävät suprajohtavuutensa äkisti heikossa magneettivuossa. Tyyppin II suprajohteet ovat aineiden seoksia ja ne

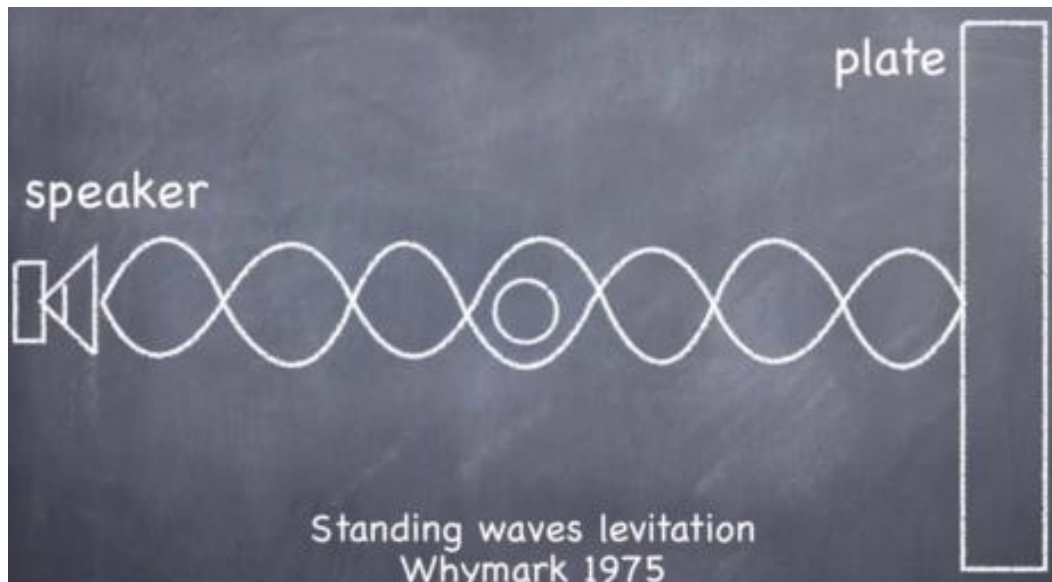
menettävät suprajohtavuutensa vasta hieman voimakkaammassa magneettivuossa. Suprajohteet leijuvat magneettikentän päällä, kun ne ovat kriittisessä lämpötilassa. Suprajohte leijuu, koska magneettikenttä ei pääse suprajohteen lävitse, kuten nähdään kuviossa 7. Suprajohteleijumisen tarkempi selittäminen vaatii kvanttifysiikkaa, jonka takia sitä ei tutkita enempää. (Superconductivity 2006, 23)



Kuvio 7, Magneettikenttä suprajohteen ympärillä. (Meissner effect 2008)

## 6.5 Kaiutin leijuttaminen

Kaiutin leijuttaminen toimii siten, että kaiutin tuottaa ääntä tiettyyn suuntaan ja tämä ääni kimmotetaan takaisin, ääntä vastapäätä olevalla levyllä. Kuviosta 8 nähdään kuinka pallo jää ääni aaltojen väliin. Ääni aaltojen risteymäkohdissa ilmanpaine on korkeampi, jolloin ilmanpaine työntää palloa kummaltakin sivulta. Jotta kuvion 8 mukainen järjestely voisi leijuttaa palloa, on koko systeemiä käännettävä 90 astetta, koska ääniaallot eivät tue palloa sen alapuolelta.



Kuvio 8. Ääni kimpoaa takaisin levystä. (Lacy 2014)

## 6.6 Leijuva maapallo

Kuvion 9 mukainen leijuva maapallo, jonka yläpuolella ei ole magneettia toimii siten, että maapallon sisällä on iso magneetti, jota maapallon alapuolella oleva alusta hylkii. Alustan sisällä on neljä sähkömagneettia, joita säädetään potentiometrillä. Alustan keskellä on kolme hall-anturia, jotka kertovat maapallon etäisyyden alustalevyyn. Hall-anturi toimii siten, että se aktivoituu magneettikentässä. Eli jos maapallo laskeutuu liian alas, hall-anturi aktivoituu jolloin potentiometrit antavat sähkömagneeteille lisää virtaa täten työntäen maapalloa kauemmaksi. Pitää myös ottaa huomioon, että maapallon sisällä oleva magneetti on litteän mallinen, jotta se ei pysty kääntymään magneettivuon suuntaiseksi. Alustan sisällä on iso renkaan mallinen magneetti, joka vetää maapallon sisällä olevaa magneettia alaspäin. Alustassa olevat hall-anturit on suunnattu siten, että alusta tietää jos maapallon liikkuu hieman sivuttaen, jolloin alusta lisää sen puolen sähkömagneetin hylkimisvoimaan, jonne maapallon on liikkuu massa. Maapalloa ei voida liikuttaa kovin paljoa sivusuunnassa, koska muuten maapallo tippuu kiinni rengasmagneettiin.



CC

Kuvio 9. Leijuva maapallo. (Levitating globe 2014)

## 7 Tuotekehitys

Tuotekehitykseen on olemassa erilaisia malleja, joista päätettiin käyttää stage-gate-menetelmää, opettajan Matti Siistonen suosittelusta. Stage-gatemenetelmä käyttäminen sopii tähän työhön, koska alustavia ideoita oli niin paljon. Tuotekehityksellä tarkoitetaan, joko uuden tuotteen kehittämistä tai vanhan tuotteen eteenpäin kehittämistä. Tuotekehitys on jokaisessa yrityksessä hieman erilaista johtuen yrityksen koosta, heidän tuotekehitys mallista ja siitä mitä yritys tekee. Erilaisia tuotekehitys malleja ollaan kehitetty, jotta yritykset saisivat parempia toimintamalleja. Uuden tuotteen tekeminen sisältää aina paljon riskejä ja siksi tuotekehitysmalleja ollaan tehty, jotta tehtäisiin oikeita ratkaisuja.

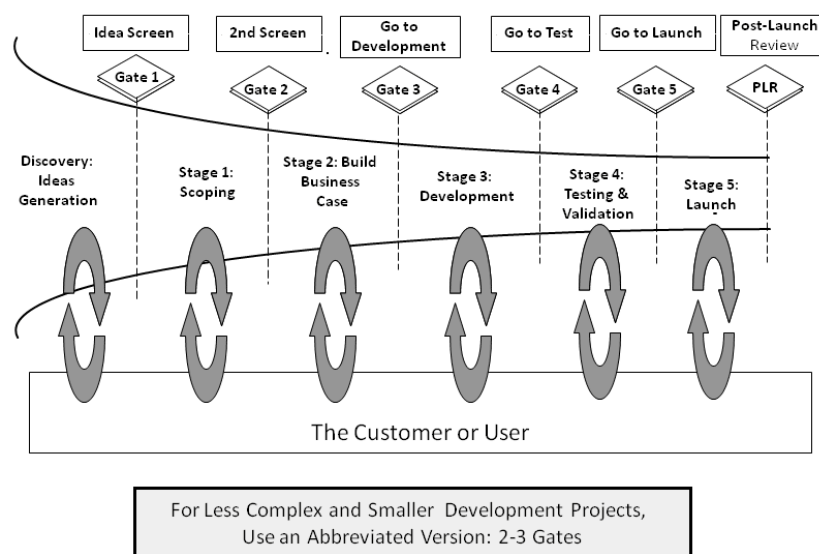
### 7.1 Stage-gate tuotekehitysmenetelmä

Stage-gatemenetelmä on kehitetty, jotta uudet tuotteet saataisiin nopeammin markkinoille. Nykypäivänä markkinat ovat isot ja samoin myös riskit. Stage-gatemenetelmän on tarkoitus helpottaa uusien ideoiden vientiä, ja vähentää riskiä, joka uusien tuotteiden markkinoille tuonnissa on. Tämän menetelmän tarkoitus on olla notkea ja

nopea, koska mitä nopeammin tuote saadaan testaukseen tai lopetettua kokonaan, sitä vähemmän kuluu resursseja. Stage-gatemenetelmän perus idea on viedä ideaa erinäisten porttien (gate) läpi, jolloin aina tarkastetaan, että ideassa portin vaatimat vaatimukset. Portin läpipääsyyn vaaditaan eri porteilla eri asioita. Vaikka idea olisi päässyt jo jostain portista hyväksytysti läpi voidaan se vetää takaisin, jos huomataan, että portilla pitää olla lisää vaatimuksia. Stage-gatemenetelmä ei ole tarkka pohja jota pitää, noudattaa sellaisenaan, vaan yritys saa muokata sitä omanlaisensa. Yrityksen kuitenkin pitää osata sisäistää, mikä on stage-gatemenetelmän idea. Kuviossa 10 nähdään stage-gatemenetelmän perusidea. Kuviosta nähdään, että menetelmä etenee vasemmalta oikealla. Pitää kuitenkin huomata, että yritys saa muokata stage-gatemenetelmän omanlaisekseen, eikä mallia tarvitse seurata kuin ohjekirjaa.

Kuviosta myös nähdään, että jokaisessa vaiheessa otetaan käyttäjä/asiakas huomioon (The customer or user). Tämä on tärkeää, jotta markkinoille ei tuoda tuotetta, joka ei sovi tuotteen asiakaskunnalle. Stage-gatemenetelmässä noin puolet vaiheista on tuotekehitystä ja puolet tuotteen lopputestausta ja julkaisua. Alkuvaiheessa on hyvä olla monta porttia, koska siellä voidaan tehdä suurimman muutokset ideaan. Myöhemmissä vaiheissa idean muuttaminen tulee kalliimmaksi, koska tuote joudutaan tuomaan takaisin kehitys vaiheeseen ja tuotekehitys aloittamaan uudestaan.

**Figure 1: A typical five stage idea-to-Launch *Stage-Gate®* System . The loops are spirals – a series of build-test-feedback-and-revise iterations with the customer**



Source: Cooper, endnote 4.

Kuvio 10 Stage-gate malli (Cooper N.d.)



Stage-gate mallin käyttöönotossa tulee kiinnittää huomiota siihen, että sitä käytetään oikein. Monissa yrityksissä sitä ollaan käytetty väärin ja tästä syystä tuotteen läpivienti on epäonnistunut. Stage-gate malliin tulee selkeästi määrittää vaiheet kuten: ideointi, tutkiminen, bisnesmalli, tuotekehitys, testaus ja julkaisu. Lisäksi tulee olla selkeät portit, joissa joko päätetään idean kehitys tai jatketaan idean läpivientiä. Portteilla tulee olla selkeät kriteerit, jotka idean tulee täyttää. Portteilla tulee olla selkeä portin ”vartija” eli jonkun tietyn henkilön tulee tehdä päätös siitä, että viedäänkö tuotetta eteenpäin. Stage-gate mallin ongelma saattaa, joskus olla se, että siitä tietää vain johtoporras. Mallin käytön tulisi olla sellaista, että siitä tietää koko tuotekehitys tiimi ja että kaikki ovat tietoisia siitä, miten se toimii. Ideassa on hyvä olla tietty tiivis ryhmä, joka vie yhden idean mallin läpi. Vaikka ideassa käytettäisiin enemmänkin työvoimaa, on hyvä olla pieni ja tiivis ryhmä, joka vastaa tuotteen eteen ja loppuun viemisestä. (Cooper 2011, 83-119)

## 7.2 Tuotesuunnittelu

Tuotteen suunnittelussa tulee ottaa huomioon se, kenelle tuotetta ollaan suunnittelemassa. Jos tuotetta suunnitellaan tietylle ammattiryhmälle, niin tulee huomioida, että heillä on tietty ammatillinen osaaminen ja tietyt ennakko vaatimukset tuotetta kohtaan. Jos suunnitellaan kaikille, tulee käytön olla helppoa mahdollisimman suurelle osalle ihmisistä. Lidwell, Holden & Butler mukaan tuotteen käytettävyyteen vaikuttaa tuotteen ulkonäkö. Eli vaikka tuote olisi vaikeampi käyttää kuin kilpaileva tuote, mutta jos sen ulkonäkö on miellyttävämpi niin silloin käytettävyys voidaan kokea parempana. Tuotteen suunnittelussa tulee myös huomioida affordanssit, eli vihjeet joita tuotteen ulkonäkö antaa käytölle. Affordanssit ovat yleensä muotoja, jotka vihjaavat tuotteen tiettyyn käyttöön. Affordanssit ovat yleensä opittuja asioita ja saatavat olla erilaisia eri kulttuureissa. Mietittäessä tuotteen käyttöä on hyvä testata tuotetta ja sen käytettävyyttä sellaisilla ihmisillä, jotka tuotetta luultavasti tulevat käyttämään. Tuotteen käytettävyyteen vaikuttaa myös paketointi, jossa tuote myydään. Vaikka laitteen käyttö on helpompaa kuin kilpailijan, mutta paketin avaaminen ja ensimmäinen käyttöönotto on ollut hankala, saatetaan tuotetta pitää huonona

käytettävyydeltään. Tuotteen ulkonäön miellyttävyyteen vaikuttaa niin sanottu kultainen jakaus. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi sivujen pituuden suhdetta, jonka tulisi olla noin 2/3. Tarkemmin määritettynä kultainen jakaus on 0.618. Kultaisen jakauksen omaavat kuvat, patsaat ja tuotteet koetaan miellyttävinä katsoa. Kulusta tulisi käyttää, jos se suinkin on mahdollista tuotteen suunnittelussa. Yksinkertaisuus lisää sekä tuotteen ulkonäön miellyttävyyttä, mutta myös käyttökokemusta. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että kun näppäimiä vähennetään ja toimintoja lisätään, tulee tuotteen käytöstä hankalampaa. Norman antaa kirjassaan seitsemän neuvoa suunnittelijoille, joita suunnittelija voi käyttää apuna, jotta tuote olisi mahdollisimman helppokäyttöinen. Nämä neuvot esitetään seitsemän kysymyksen listana:

- ”Miten helposti käyttäjä voi määrittää laitteen toiminnan?
- Todeta mitkä toiminnot ovat mahdollisia?
- Määrittää aikomuksen ja konkreettisen toiminnan välisen kytkennän?
- Suorittaa toimenpiteen? T
- odeta, onko järjestelmä halutussa tilassa?
- Määrittää järjestelmän tilan ja tulokinnän välisen kytkennän?
- Todeta missä tilassa järjestelmä on?”

(Lidwell, Holden & Butler 2010, 14-73); (Norman 1988, 83)

### 7.3 Ihmiskeskeinen suunnittelu

Ihmiskeskeisestä suunnittelusta on hyötyä yritykselle, koska se parantaa tuotteen käytettävyyttä, käyttömukavuutta ja käyttäjän tehokkuutta. Kun tuote suunnitella oikein saadaan tuotteesta myös kestävämpiä ja täten saadaan myös säästöjä. Kuluttajatuotteita suunniteltaessa, asiakkaat ovat valmiita maksamaan enemmän tuotteesta, jossa on parempi käytettävyys ja ergonomia. Lisäksi hyvin suunniteltu tuote parantaa yrityksen imagoa. Iso-standardin 9421-210 mukaan ihmiskeskeisen suunnittelun tulisi noudattaa kuutta periaatetta. Periaatteet menevät seuraavasti:

- A. Suunnittelu perustuu käyttäjien, tehtävien ja ympäristön selkeään ymmärtämiseen.
- B. Käyttäjät ovat mukana koko suunnittelun ja kehityksen ajan.
- C. Käyttäjakeskeinen arviointi ohjaa ja tarkentaa suunnittelua.
- D. Prosessi on iteratiivinen.
- E. Suunnittelu kohdistuu käyttäjäkokemukseen kokonaisuutena.
- F. Suunnittelutiimillä on monialaisia taitoja ja näkökulmia.

Lisäksi Iso-standardin 9421-210 lopussa on kyselylomake jolla, voidaan selvittää, onko isostandardia käytetty oikein, jotta se täyttää standardin määräämän tason. A-

kohdan vaatimusten täyttäminen vaatii sen, että tulevat käyttäjät, sekä heidän tarpeensa, tiedetään tarkasti. Lisäksi pitää tietää missä, ympäristössä tuotetta käytetään, jotta tuote suunnitellaan oikein eli, sellaisiin olosuhteisiin jossa sitä käytetään. B-kohdan mukaan käyttäjien tulee olla mukana kehitysprosessissa alusta loppuun. Tämä on tärkeää siksi, että saadaan tärkeää tietoa siitä, miten tuotetta käytetään. C-kohta tarkoittaa sitä, että käyttäjien palaute otetaan tosissaan ja sillä pitää olla vaikutus tuotteen suunnitteluun. Iteratiivisuus D-kohdassa tarkoittaa, että tuotetta parannetaan käyttäjiltä saadun palautteen perusteella, niin kauan että se on tarpeeksi hyvällä tasolla. E-kohdassa tarkoitetaan, että tuotteen käyttö pitää suunnitella myös siten, ettei käyttö ole esimerkiksi yksitoikkoista tai vaadi liikaa keskittymistä. Monialaisilla taidoilla tarkoitetaan F-kohdassa sitä, että tiimillä, joka tuotetta suunnittelee, on taitoja monelta alalta. Muutamia esimerkkejä osaamisaloista on standardin mukaan markkinointi, käyttäjähallinta ja käyttöliittymäsuunnittelu. (Lidwell, Holden & Butler 2001)

## 7.4 Ideointi

Ideointia on hankala selittää tieteellisesti, mutta ideointiin on kehitelty menetelmiä uusien ideoiden saamiseksi. Gallon mukaan Steve Jobbs ideoi hankkimalla mahdollisimman paljon inspiraatiota mahdollisimman monelta alalta. Ideoita ei voida pakottaa ulos aivoista vaan pitää saada mahdollisimman paljon erilaista tietoa ja toivoa, että jossain kohtaa aivoissa syntyy yhteyksiä, joista uusi idea muodostuu. Gallon mukaan täysin uusia ideoita syntyy harvoin. Yleensä ideat ovat kahden tai useamman idean yhdistelmiä. Vaikka tuotteita lähdetään suunnittelemaan asiakaslähtöisesti siten, että mietitään mitä asiakas tarvitsisi, oli Steve Jobbsilla erilainen lähestymistapa. Jobbs ajatteli, että asiakkaat eivät tiedä, mitä he haluavat, ennen kuin ne näkevät tuotteen. Hyvänä esimerkkitapauksena on iPad. Kukaan ei varsinaisesti tarvitse iPadia, se on sinällään hankalasti kategorioitava tuote, koska se ei ole puhelin, eikä läppäri. Silti ihmiset halusivat ostaa iPadin. (Gallo 2010)

## 8 Työn toteutus

Työ toteutettiin käyttäen Cooperin Stage-gatemenetelmää apuna. Työn toteutus aloitettiin ideoimalla mahdollisimman paljon. Ideoista karsittiin portti 1 kohdalla ensin pois ne, jotka eivät voi toimia teoriankaan tasolla. Portin 1 jälkeen aloitettiin vaihe 1. Tässä vaiheessa tutkittiin ideoita tarkemmin ja tarkasteltiin kuinka toimivia ne ovat. Lisäksi mietittiin mitkä ideoista voivat toimia leijuttamisessa siten, että leijuttaminen on vakaata. Tutkimisessa etsittiin mitkä ideoista on parempia toisiinsa nähden ja mitkä olisivat liian hankalia toteuttaa. Portin 2 kohdalla karsittiin pois ne ideat, jotka olivat liian hankalia ja ne joilla ei saada aikaan vakaata leijutusta. Vaihe 2 aloitettiin miettimällä, että kenelle tuote on tulossa ja millaiset vaatimukset tuotteella on. Laitteesta pitää tehdä lähes valmis tuotekonsepti ja alustavia piirustuksia. Laitteen tekniset ominaisuudet tuli selvittää. Portin 3 läpipääsy vaatii, että tuotteelle on selvä asiakasryhmä, jolle tuotetta aletaan suunnittelemaan ja tuotteella on selvät vaatimukset jotka ovat toteutettavissa. Tuotteen kehityssuunnitelma on siinä vaiheessa, että siihen halutaan sijoittaa rahaa.

### 8.1 Ideointi

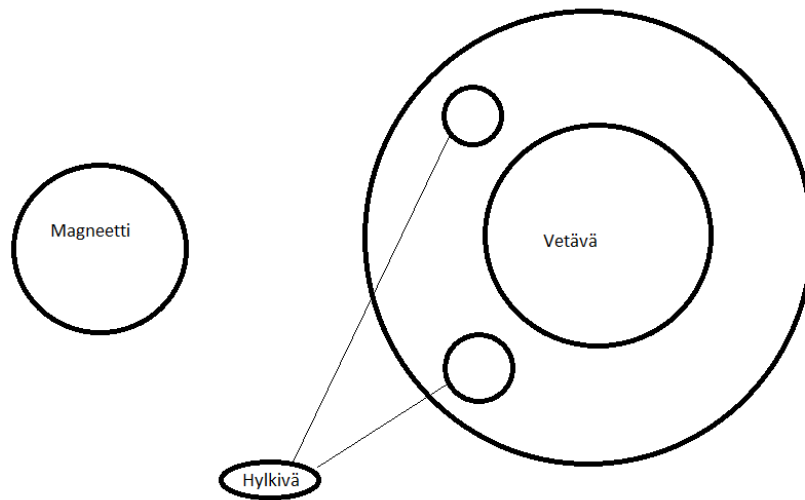
Ensimmäisenä tule miettiä mitä leijuttamisen toiminta malleja voidaan käyttää. Pitää tarkastella jo olemassa olevia ratkaisuja ja miten niitä voi käyttää hyödyksi. Pitää myös ottaa huomioon, se että voidaanko joitain leijuttamiseen käytettyjä menetelmiä sekoittaa. Lopuksi pitää tarkastella mitkä menetelmät on realistista toteuttaa ja mitkä on taloudellisesti kannattava toteuttaa.

Aluksi tarkastellaan alustavia konsepteja, joita mietin, ennen kuin aloin tutkia magneettista leijuttamista kirjoista. Lopuksi viedä niitä eteenpäin tai sitten lopettaa ne, jos niiden kehitys ei ole kannattavaa.

#### Ensimmäinen konsepti

Ensimmäisessä konseptissa ideana oli se, että magneetti saataisiin leijumaan magneettisen lukittumisen avulla. Tämä toimisi siten, että on magneetti, jota leijutetaan ja sitten on alusta, jossa on vahva vetävä magneetti ja pienempiä hylkiviä magneet-

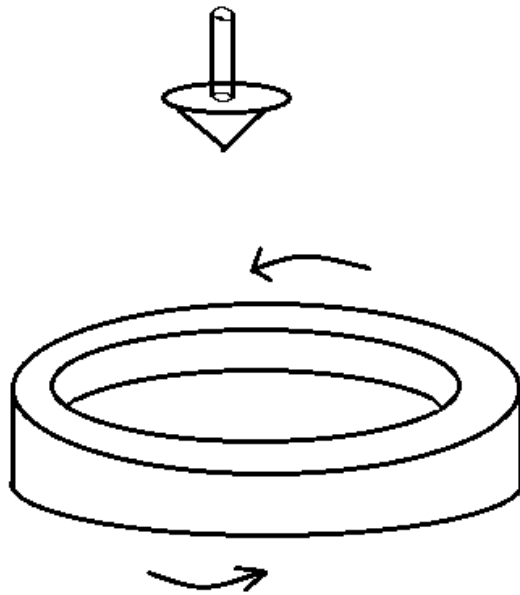
teja. Tämä konsepti ei voi toimia, koska magneetti pyrkii pääsemään tasapainopisteesseen, jolloin magneetti kääntyy magneettivuon suuntaiseksi. Tällöin magneetti liikkuu sivulle päin, koska se alkaa kääntyä, ja lopulta tippuu alas. Kuviossa 11 nähdään, että vetävä ja hylkivä magneetti ovat kehyksessä, koska muuten ne pienemmät hylkivät magneetit kääntyisivät isomman magneetin magneettivuon suuntaisiksi.



Kuvio 11 Konsepti 1

#### Toinen konsepti

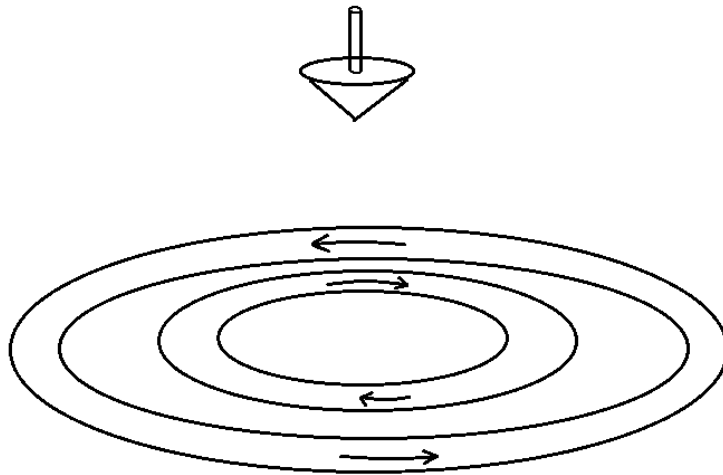
Seuraava idea minulle tuli levitron-lelusta, jossa hyrrä pyörii vahvan magneetin päällä. Voisiko tämän idean toteuttaa siten, että alusta pyörii. Tämä vaatisi sen, että alusta pyörii erittäin suurella nopeudella ja että leijutettavan magneetin tulee olla litteä mallinen. Leijutettava magneetin tulee olla litteä, koska silloin sen kääntyminen ei ole niin helppoa. Kuviosta 12 nähdään konseptin 2 toimintaperiaate, jonka toteuttaminen pitäisi olla suhteellisen halpa.



Kuvio 12 Konsepti 2

### Kolmas konsepti

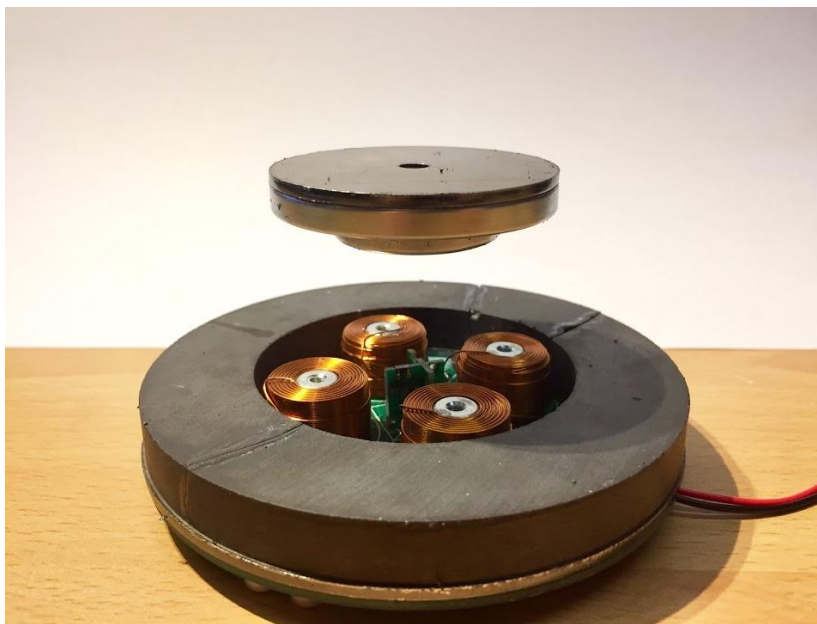
Kolmannessa konseptissa ideana on, että alustassa pyörii ulkokehällä hylkivät magneetit ja sisäkehällä vetävät magneetit. Kuviossa 13 nähdään alustassa olevat pohjamagneetit pyörivät eri suuntiin, minkä tarkoitus olisi estää leijutettavaa magneettia pyörimästä liian kovaa. Mielestäni tämän idean ongelmana voi olla liiallisen lämmön syntyminen. Koska konseptissa on niin suuresti muuttuva magneettikenttä, syntyy induktiovirtoja ja lämpöä. Lämmön synty heikentää magneettikenttää ja saattaa tiputtaa leijutettavan magneetin. Jos konsepti 2 ei toimi ollenkaan, niin silloin kolmatta konseptia ei kannata ehkä toteuttaa.



Kuvio 13 Konsepti 3

#### Neljäs konsepti

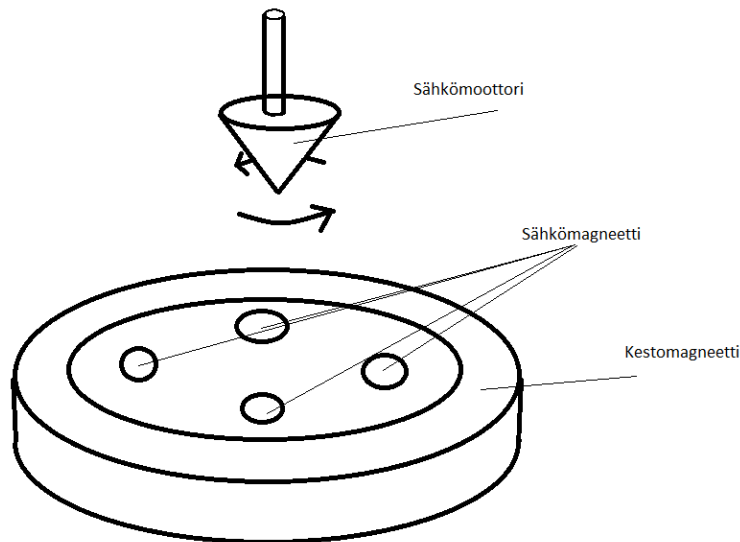
Tämä idea on suoraan leijuvasta maapallosta. Kuviossa 14 nähdään, että alustassa on neljä sähkömagneettia, joita säädetään, sitä mukaan, kun maapallo leijuu. Reunoilla on kestopagneetteja. Maapallon leijumista tarkkaillaan hall-anturilla, mutta myös jokin muu etäisyys anturi käy. Tämän toteuttaminen on erittäin hankalaa, ellei ole mahdollista hommata leijuvan maapallon alustaa jota voisi muokata sellaiseksi, että sillä voisi leijuttaa jotain.



Kuvio 14 Levitating globe alusta (Light it up 2016)

### Viides konsepti

Leijutettavassa osassa olisi pyörivä kestmagneetti, jota pyritettäisiin leijutettavassa osassa olevalla sähkömoottorilla (ks kuvio 15). Alustassa olisi sähkömagneetti jota säätämällä saadaan vakautettua leijutettavan osan lentoa. Leijutettavassa osassa pitää vaihtaa pyörimissuuntaa välillä, koska sen runkokin alkaa muuten pyöriä. Ellei runkoa tehdä siten, että siinä on paino aina maapalloa kohti.

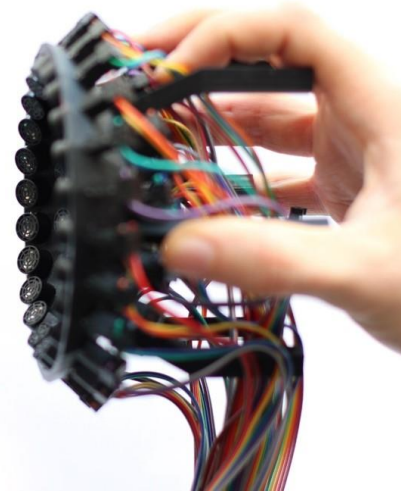


Kuvio 15 Konsepti 5

### Kuudes konsepti

Ideana on käyttää kaiuttimia (ks kuvio 16) ja magneetteja vakaan leijutuksen aikaansaamiseksi. Tässä konseptissa leijutettaisiin magneettia, jota vedettäisiin sähkömagneetilla alustaa kohti. Kaiuttimella aiheutettaisiin hylkivä vaikutus. Kaiuttimia pitäisi olla monta pientä, jotta saataisiin seisova aalto.

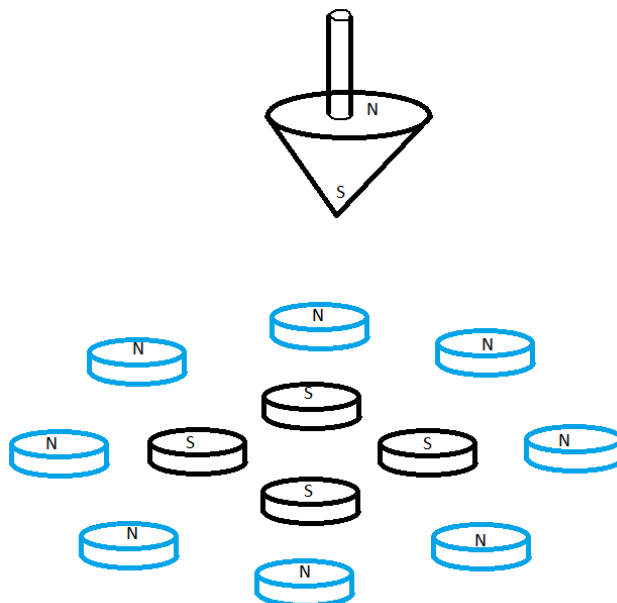




Kuvio 16 Konsepti 6 (Ultrasonic levitaion (in air) N.d.)

#### Seitsemäs konsepti

Seitsemännen konseptin idea on sama, kuin leijutettavassa maapallossa, mutta korvataan reunoilla olevat kestopagneetit sähkömagneeteilla (ks kuvio 17). Näin saataisiin säädettyä leijuttamista, myös kun laite on vaakatasossa. Koska leijuttamista säädettäisiin pelkillä sähkömagneeteilla pitäisi leijutettavan magneetin hallitseminen olla parempaa. Lisäksi kappaleen pano pitäisi olla kevyempi, kun alustassa ei olisi painavaa ja isoa kestopagneettia.



Kuvio 17 Konsepti 7

## 8.2 Portti 1

Alustavista konsepteista kannattaa poistaa näin alkuvaiheessa ne ideat, jotka eivät voi toimia. Jatkokehitystä kannattaa kohdistaa niihin ideoihin, jotka voivat toimia ja ovat sellaisia, jotka voidaan opinnäytetyön rajoissa toteuttaa.

### Ensimmäinen konsepti

Ensimmäinen konsepti on sellainen, joka ei voi toimia. Earnshawin teorian mukaan, magneetti ei voi leijua toisen päällä, jos niiden magneettikentät pysyvät samana. Ensimmäisessä konseptissa magneettikentät pysyvät samana ja siinä leijutettava magneetti kääntyisi vahvimman magneettikentän mukaiseksi ja tulisi tähän magneettiin kiinni.

## 8.3 Vaihe 1 Tutkiminen

### Konseptit 2,3 ja 5

Konseptit 2,3 ja 5, ovat samantapaisia toisiinsa nähden ja siksi ne käsitellään samalla. Alustan pyörittäminen voi olla toimiva konsepti, mutta sillä ei voida saada aikaan vakaata leijutamista. Magneetti ei korjaa omaa lentorataansa itse, joten sen liikuttamiseen tarvitaan energiaa. Levitronlelun videoista(<https://www.youtube.com/watch?v=GMVtINbMwHw>) nähdään, että leijuttaminen on erittäin epävakaa. Lelussa alustan pitää olla erittäin tasaisesti asetettuna, jotta leijuttaminen onnistuu. Lisäksi leijutettava hyrrä pitää laittaa painoja, jotta leijutus tapahtuu oikealla korkeudella. Teorian tasolla voidaan sanoa, että hyrrää on ehkä mahdollista leijuttaa alustaa pyörittämällä, mutta leijutus on silti epävakaa ja, koska tuotteen vaatimuksena, että esinettä voidaan liikuttaa, ei se tule onnistumaan näillä konsepteilla.

### Konseptit 4 ja 7

Konseptin 4 laite on jo olemassa, mutta sitä vain haluttaisiin muokata käyttötarkoitukseen sopivaksi. Muokkaus toteutettaisiin asiakkaan toiveiden mukaan, jotta se olisi mahdollisimman käytettävä. Konseptin 4 laitteesta pitää huomata, että leijutus on vakaa, kun laite on paikalla. Leijutettavaa magneettia voidaan liikuttaa pysty-akselilla helposti. Sivusuuntaan liikuttaessa leijutettava magneetti tippuu aika helposti. Pitää huomata, että konseptin 4 toimintaperiaate on niin kuin tasapainoilisi

keppiä sormenpäällä. Hall-anturit antavat tietoa, jonka mukaan sähkömagneetit ohjaavat leijutettavaa magneettia. Jos leijutettava magneetti ajautuu liian sivuun, ei leijuttaminen enää onnistu. Konsepti 7 toimii samalla tavalla kuin konsepti 4, mutta kesto magneetti korvataan sähkömagneeteilla. Korvaamalla kestmagneetti voidaan leijuttamista ohjata tarkemmin sähkömagneettien avulla. Pitää kuitenkin huomata, että konseptien 4 ja 7 toteutus tulee olemaan hankalaa, koska sähkömagneettien ohjaaminen tarvitsee elektronisia komponentteja ja siten niiden mikropiirit tulisi suunnitella. Opinnäytetyön tekijällä ei ole mikropiireistä kokemusta, jolloin työ pitäisi ulkoistaa sellaiselle joka sen osaa.

#### Kuudes konsepti

Kuudes konsepti on toteutettavissa, koska netistä löytyy ohjeet laitteeseen, jolla pystyy leijuttamaan pelkillä pikkukaiuttimilla ( <http://www.instructables.com/id/Acoustic-Tractor-Beam/> ). Pitää huomata, että äänileijuttaminen ei ole kovin vakaata, koska ilma liikkuu. Mietin, että tätä konseptia voisi muokata siten, että lisätään sähkömagneetti, jotta leijuttamisesta saataisiin vakaampaa. Ääniaalloilla kuitenkin voidaan leijuttaa vain kevyitä kappaleita. Koska leijutettava magneetti on metallia ei sitä voida leijuttaa ääniaalloilla.

## 8.4 Portti 2

Päätettiin lopettaa konseptit 2,3 ja 5, koska niillä leijuttaminen ei onnistu sivusuunnassa. Leijuttaminen on myös erittäin epävakaata, kun tarkkaillaan levitron lelua. Luultavasti alustaa pyöritettäessä leijuttaminen on yhtä epävakaata. Lopetetaan myös kuudes konsepti, koska äänellä leijuttaminen on niin monimutkaista ja sillä ei pysty leijuttamaan kovin metallista magneettia. Lisäksi kaiutin leijuttaminen on epävakaata. Neljännen konseptin idea oli muutenkin vain valmiin tuotteen muokkaaminen, mutta tässä konseptissa sivuttain leijuttaminen on erittäin epävakaan näköistä. Tämä voi nähdä videosta 360 magentic levitation (<https://www.youtube.com/watch?v=Rw8klo2K3-8&t=832s&list=FLp7LoZnMm1IlbC2QbkhJqVA&index=9>). Vaikka alustalla on mahdollista leijuttaa missä asennossa tahansa tulee se tehdä erittäin varovasti.

## 8.5 Vaihe 2 bisnesmalli

Tässä vaiheessa jäljellä on enää konseptit 4 ja 7. Konseptin 7 laitetta en löytänyt netistä valmiina, mutta teorian tasolla voidaan sanoa, että se voisi toimia. Tässä vaiheessa tulee kuitenkin miettiä myös, että kenelle tuote on tulossa, mitä vaatimuksia, sillä on, kannattaako sitä lähteä toteuttamaan. Konsepti 4 on saman tapainen kuin leijutettava maapallolelu, mutta sitä haluttaisiin vain muokata sellaiseksi, että asiakas voi käyttää sitä tarpeeseensa. Seuraavaksi mietitään, sitä kenelle tuote olisi tulossa, jotta tuote voidaan suunnitella asiakkaan käyttötarkoitusta varten. Johdannossa kerrottiin, mitkä olisivat mahdolliset hyödyn saajat, joten tutkitaan, kuinka leijuttamista voitaisiin niihin hyödyntää.

### Piilolinssinlaite

Jos tästä tuotteesta lähtisi tekemään piilolinssien laittamiseen laitetta pitää ottaa huomioon, se kuka tällaisen laitteen ostaisi ja kuinka paljon siitä oltaisiin valmiita maksamaan. Luultavasti tällainen laite tulisi maksamaan yli sata euroa. Tällä hetkellä markkinoilla on halpoja imukuppimaisia laitteita piilolinssin laittamiseen ja niiden hinta on vain yhden euron luokkaa. Lisäksi nämä imukuppilaitteet ovat puhdistettavissa, joten niistä saadaan helpommin bakteerivapaita kuin ihmisen käsistä. Imukuppi laite myös auttaa linssin laittamisessa, jos se on käsin hankalaa. Vaikka magneetilla piilolinssin laittaminen olisi hienon näköistä ei siitä saada niin paljoa etua, että joku ostaisi sellaista siihen käyttöön. Ne jotka jo osaavat laittaa piilolinssin sormin silmään, eivät tarvitse ollenkaan apuvälinettä ja ne jotka ovat uusia piilolinssin käyttäjiä eivät välttämättä ole valmiita käyttämään niin suurta summaa piilolinssien laittamiseen. Piilolinssien laittamiseen magneettisesti tarkoittaisi myös sitä, että itse piilolinssissä pitäisi olla magneetti. Magneetin lisääminen piilolinssiin lisäisi piilolinssien hintaa ja lisäksi pitäisi tutkia miten magneetin pitäminen niin lähellä silmää aiheuttaisi. Eli piilolinssiin tätä tuotetta ei kannata lähteä suunnittelemaan.

### Robottiikka

Robottiikassa ongelmana oli se, että robottien on hankala tarttua pieniin esineisiin. Kun mietitään, että tarvitseeko robotin pystyä leijuttamaan esinettä tarttuakseen siitä. Tarkastellaan asiaa siten, että robotilla olisi normaali magneetti tarttumista varten. Tällöin robotti voisi tuoda tarttuvan raajan metallin/magneetin lähelle ja kytkeä

sähkömagneetin päälle. Esine, joka halutaan nostaa, tulee kiinni sähkömagneettiin. Robotti voi siirtää esineen sinne, minne oli tarkoitus ja sammuttaa sähkömagneetin, jolloin esine irtoaa robotin raajasta. Vaikka leijuttaminen olisi hienon näköistä, ei siitä luultavasti saada niin merkittävää hyötyä, että sitä kannattaisi käyttää robotiikassa.

#### Laboratorio

Laboratorioissa hygienian kanssa tulee olla erittäin tarkkana. Vääriä aineita ei saa sekoittaa väärin aineisiin. Leijuttavan laitteen käyttäminen laboratoriossa voisi olla perusteltua. Leijuttamisessa on myös huonot puolensa, sillä käsiteltävät aineet eivät saa reagoida magneettikenttään kovin voimakkaasti. Eli ainakaan sitä ei voi käyttää veren käsittelyyn, koska veren punasoluissa on rautaa. Lisäksi magneettinen leijuttaminen synnyttää lämpöä, joten laitetta ei voida käyttää aineisiin, jotka ovat herkkiä lämpötilan vaihtelulle tai jos aineen pitää olla tietyssä lämpötilassa. Lisäksi pitäisi ottaa huomioon se, että kaikki aineet ovat diamagneettisia, jolloin kaikki aineet hieman hylkivät magneettikenttää. Jos laitetta lähdetäisiin suunnittelemaan laboratorioon tulisi ottaa ainakin nämä seikat huomioon. Lisäksi saattaa olla muita tekijöitä, millä tavalla magnetismi vaikuttaa aineisiin. Lisäksi ei voida varmasti tietää kuinka suuri vaikutus magnetismilla on laboratoriossa käsiteltäviin aineisiin. En näe kuitenkaan järkevänä suunnitella laitetta laboratorio tarkoituksiin.

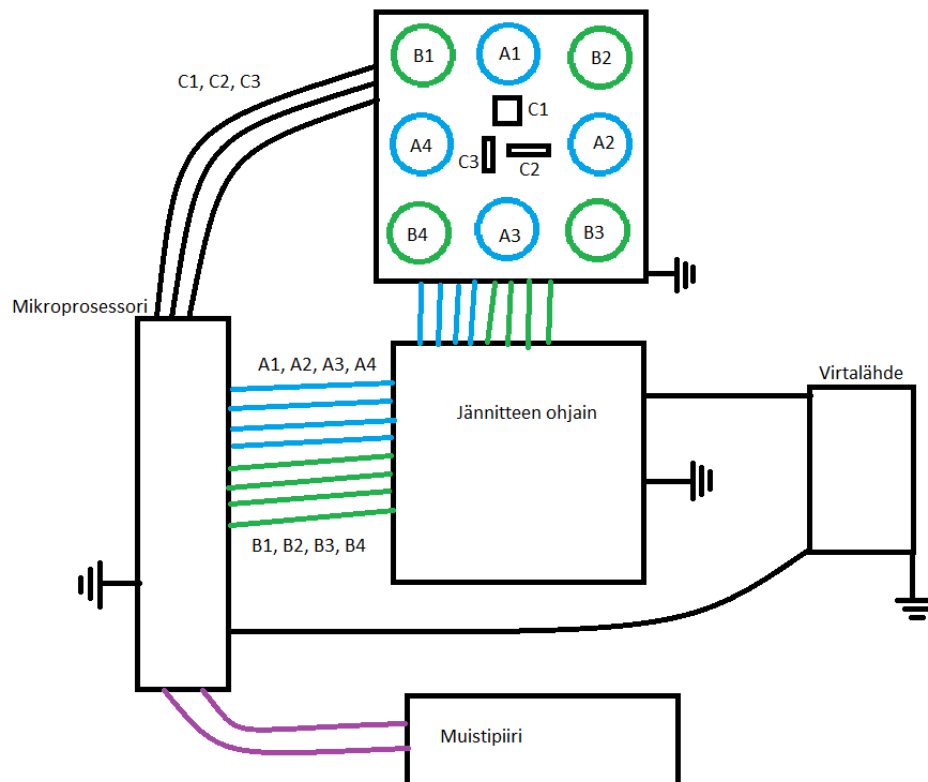
#### Lelu

Leijutettava maapallon on yksi esimerkki, johon käytetään magneettista leijuttamista. Tähän on kuitenkin olemassa jo toimiva esine. Konseptia 7 voitaisiin käyttää myös leijutettavaan maapalloon, mutta ei ole järkevää lähteä kehittämään uutta kilpailevaa lelua, jossa maapallo leijuu samalla tavalla, mutta vakaammin. Mutta teorian tasolla lähdetään miettimään millainen tämä lelu voisi olla.

### 8.6 Alustava konsepti

Konseptissa 7 päätettiin käyttää pelkästään sähkömagneetteja, koska silloin pystytään tarkemmin ohjaamaan leijutettavaa magneettia. Kestomagneetin käyttämisen ongelma on se, että jos leijutettava magneetti tarttuu alustassa olevaan magneettiin, pitää ne irrottaa käsin toisistaan. Alustavan konseptin suunnittelussa käytettiin kirjaa Johnsson 2004. Pitää kuitenkin mainita, että tieto digitaalielektroniikasta ei ole kirjan

lukemisen jälkeen niin varmaa, että voidaan sanoa, että alustava laitekonsepti on paikkansapitävä. Laitteeseen tulee kolme hall-anturia, joiden avulla laite tietää mihin suuntaa leijutettava magneetti liikkuu. Kolmella anturilla saadaan selvitettyä liike leveys, syvyys ja korkeussuunnassa. Laitteeseen tulee ohjaus piiri, joka ohjaa sähkömagneettien voimakkuutta hall-anturien tiedon perusteella. Laite tarvitsee myös ohjelmointia, jotta laite tietää mitä sen tulee tehdä hall-anturien tiedolla.



Kuvio 18 Alustava toimintakonsepti

Kuviossa 18 nähdään alustava toimintakonsepti. Kuviossa A1-A4 ovat sähkömagneetteja, jotka hylkivät leijutettavaa magneettia. B1-B4 ovat sähkömagneetteja jotka vetävät leijutettavaa magneettia puoleensa. Sähkömagneetteihin A1-A4 ja B1-B4 ohjataan perusjännite, silloin kun magneettikentässä ei ole esineitä. C1-C3 ovat hall-antureita. Hall-anturit on asetettu siten, että leijutettavan magneetin liikkumissuunta tiedetään kaikilla liikkumisakseleilla. Leijutettavan magneetin pyörimistä akselinsa ympäri ei ohjata. Prosessipiiriin tulee dataa hall-antureilta. Tämä data vertaillaan muistipiirissä oleviin arvoihin. Muistipiirin tiedoista laite näkee, mitä sen tulee tehdä, kun hall-anturin arvot näyttävät tiettyä lukua. Muistipiiristä saadulla tiedolla prosessipiiri

lähettää, jännitteen ohjaimelle komennon muuttaa tietyn sähkömagneetin jännitettä. Virtalähteen tehtävä on antaa komponenteille tasasähköä. Tasasähköä käytetään, koska sähkömagneetin toiminta vaatii tasasähköä. Laitteen toiminnassa tulee myös huomioida, että leijutettavan magneetin tulee olla oikeinpäin.

#### Toiminnan kuvaus

Alkutilanteessa leijutettava magneetti leijuu sähkömagneettien päällä. Magneetin laskeutuessa hieman alaspäin, reagoi siihen hall-anturi C1. Anturin virta kasvaa, jolloin prosessi piiri vertaa tulosta muistipiiriin dataan. Vertailusta nähdään, että C1-anturin jännite on kasvanut, jolloin jännite nostetaan sähkömagneeteissa A1-A4. Jännitteen nostaminen lisää hylkimisvoimaa leijutettavaa magneettia kohtaan. Seuraavaksi leijutettava magneetti liikkuu oikealle verrattuna kuvioon 10. Tällöin C3 anturin virta pienenee. Prosessipiiri katsoo muistipiiristä mitä sen tulee tehdä. Muistipiiristä tulee tieto, että jännitettä pitää nostaa sähkömagneeteissa A2, B1 ja B4. Sähkömagneettiin A2 jännitteen kasvi tarkoittaa sitä, että leijutettavaa magneettia aletaan hylkiä enemmän, jolloin sen olisi tarkoitus liikkua vasemmalle päin. B1 ja B4 jännitteen nostaminen tarkoittaa sitä, että ne vetävät sähkömagneettia enemmän puoleensa, jolloin leijutettavan magneetin tulisi liikkua vasemmalle päin.

#### Konsepti 7 lopetus

Päätetään lopettaa konseptin 7 eteenpäin vieminen, koska tuotekehitys olisi kallista ja saatava hyöty ei ole riittävä. Konseptia 7 voidaan jatkaa, jos laitteelle löytyy selvä käyttäjäryhmä. Konsepti 7 voidaan viedä myös testauksen tasolla, jotta saataisiin selville, millaisia liikkeitä sillä voidaan suorittaa. Konseptin 7 testaukseen asti vieminen vaatii kuitenkin rahoitusta ja työvoimaa, joten tässä opinnäytetyössä sitä ei voida toteuttaa. Alustavasta voidaan ennustaa, että konseptin 7 leijutus ei eroa paljoa konseptiin 4, jolloin liikkeet leijutettavaan kappaleeseen eivät voi olla nopeita. Konseptin 4 etu on myös se, että jos sähköt katkeavat kesken laitteen käytön, niin tarttuu kappale alustassa olevaan kestopagneettiin. Toisaalta konsepti 7 on kevyempi kuin konsepti 4, koska siinä ei ole painavaa kestopagneettia, joka mahdollistaisi kevyemmän laitteen rakentamisen.

## 8.7 Kukkaruukun leijutin

Työntoteutuksen edetessä huomattiin, että magneettista leijuttamista on hankala käyttää esineen liikuttamiseen ja tuotekehityksen vieminen konsepti 7 olisi vaikeata. Kukkaruukun leijuttaminen voisi olla sopiva konsepti magneettiselle leijuttamiselle, koska kukkaruukku on paikallaan. Netissä löytyy myynnissä japanilaisia bonsaipuita (ks kuvio 19), jotka leijuvat kiven näköisen alustan päällä. Sain idean, että tällaisen sisustus elementin voisi laajentaa ikkunan eteen laitettavaan pitkään tasoon. Idean voisi laajentaa myös niin, että leijutus tason voisi asentaa seinään, jolloin kasvit leijuisivat päällekkäin. Kukkaruukun tarvitsee leijua vain paikallaan, mikä mahdollistaa sen, että voidaan myös käyttää konseptia 4. Neljännessä konseptissa leijuttaminen tapahtuu kestopagneeteilla, mikä olisi hyvä siinä tapauksessa, jos tulee sähkökatkos. Kestomagneetin avulla kukkaruukku tarttuisi kestopagneettiin, sähkökatkoksen sattuessa, eikä tippuisi maahan.



Kuvio 19 Leijuva kasvi, (Japanese style levitating bonsai pot N.d.)



Kukkaruukku konseptia mietittäessä huomataan, että siihen soveltuisi paremmin konsepti 4 kuin konsepti 7, joten palataan takaisin portti 2 vaiheeseen ja mietitään, pääseeekö tämä uusi konsepti portti 2 läpi. Tuotteen kukkaruukku toteutus on toteuttavissa, ostamalla valmis magneettinen leijutin ja liimaamalla leijutettava magneetti kukkaruukun pohjaan. Kukkaruukkuun myös saadaan aikaiseksi vakaa leijutus, koska kukkaruukun ei tarvitse liikkua minnekään, tuotteen tarkoitus on vain olla sisustus elementtinä.

## Vaihe 2 rakenna business case

Leijuvan kukkaruukun asiakaskunta on normaalia varakkaammat ihmiset ja ihmiset, jotka hakevat modernia tyyliä. Voidaan todeta, että kukkaruukun leijuttaminen ei tuo lisäetua verrattuna normaaliin kukkalautaan. Tuotteen on tarkoitus olla parempi sisustuselementti. Leijuttava kukkateline voitaisiin asentaa ikkunan eteen kukkatelinemäisesti tai ikkunan sivuun pystymäisenä listana, jolloin kukkaruukut leijuvat päällekkäin tai seinään, taulumaisena sisustuselementtinä.

Tuotteen vaatimuksena on, että sillä pystytään leijuttamaan kukkaruukkuja ikkunan edessä. Tuotteella on myös vaatimuksena hyvä ulkonäkö, koska asiakaskunnan oletetaan olevan varakkaat ja muotitietoiset ihmiset. Koska käyttäjäryhmä on normaalit ihmiset, eikä tietotekniikkaa tuntevat, tulee laitteen käytettävyyks olla helppoa. Lisäksi voidaan olettaa, että asiakkaat ovat länsimaalaisia, joten tuotteen käyttöön tarvittava symboliikka ja värimaailma voivat olla suomalaisia. Tuotteen rajoitteena on se, että laitteella ei voida leijuttaa kovin painavia kukkaruukkuja. Tämä ei ole koivin iso rajoittava tekijä, koska ikkunan edessä ei välttämättä, pidetä isoimpia kasveja, koska ikkunasta halutaan saada luonnon valoa sisään, eikä ikkunaa yleensä haluta peittää kovin paljoa.

Aikataulutuksesta huomataan, että ei ehditä tilaamaan netistä valmista, magneettiseen leijuttamiseen käytettävää pohjaa, joten suunnitellaan alusta ja kukkaruukku, joita voidaan käyttää tuotteessa. Materiaaleihin pitää kiinnittää huomioita, koska magneetit hylkivät tai vetävät puoleensa rautaa. Lisäksi ei voida käyttää puuta, koska se ei ole hyvä paloturvallisuuden kannalta ja koska tuote sisältäisi lämpeneviä elektronisia komponentteja. Paras mahdollinen alusta materiaali on, joko keramiikka tai muovi. Kukkaruukut ollaan totuttu valmistamaan keraamisista aineista, joten tämän

ei pitäisi olla iso ongelma. Alustassa käytettävä keraaminen aines saattaa olla hankala, koska siitä tehdään pitkä alusta. Pitkä alusta rikkoutuu tai halkeaa helposti, jos siihen tuodaan liikaa painoa keskelle tai jos siihen tulee paljon muita voimia. Muovi olisi paras materiaali alustaan, koska se ei ole magneettinen ja sillä on myös hyvä kestävyys. Keraamisen alustan käyttämistä, voidaan suunnitella käytettävän tuotteen seuraavassa versiossa.

Tuotteen käytettävyyttä mietittäessä tulee miettiä vaiheet, joita tulee tehdä, jotta saadaan tuote toimimaan. Ensinnäkin asiakkaan tulee tietää, että laitteen kanssa ei voi käyttää normaaleja ruukkuja, koska ruukuissa pitää olla paikka magneetille. Lisäksi ruukkuihin laitettavat kasvit eivät saa olla liian painavia tai korkeita, koska muuten ruukku saattaa kääntyä ympäri. Laitteen asentaminen tehdään siten, että alusta ruuvataan seinään kiinni niin kuin normaali kukkalauta. Vastaavasti jos alusta halutaan asentaa seinään, tulee se myös ruuveilla kiinni. Alustaan tulee miettiä kohdat, joista se asennetaan ikkunan eteen ja kohdat joista se asennetaan seinään. Laitteen päälle laittaminen ei pitäisi olla hankalaa, koska laitteen ainut ominaisuus on päällä tai pois päältä. Alustassa tulee olla valo, mikä kertoo, että laite on päällä. Valo ei saa olla liian räikeä, jotta sitä voidaan käyttää sisustus elementtinä. Ruukkujen leijumaan laittaminen saattaa olla vaikein asia, tuotteen käytössä. Alustaan pitää merkata, mihin kohtaa ruukut voidaan laittaa leijumaan. Itse ajattelin leijutus kohtiin asennettavia led valoja, joita voitaisiin käyttää myös tunnelman luomiseen. Ledeissä pitää olla mahdollisuus värin vaihtamiseen ja valon sammuttamiseen. Ruukun leijumaan saaminen vaatii sen, että ruukku laitetaan oikeaan kohtaa. Jos ruukku ei ole keskellä, alkaa kestopagneetti vetää sitä puoleensa. Oikean kohdan löytäminen onnistuu näppituntumalla, eli ruukkua pitää siirrellä, käsin jotta leijutus kohta löytyy. Kohdan löytämistä helpottaa led-valon sijainti.

### Konseptointi

Haastattelulla (liite 1) selvisi, että leijutus laudan tulee olla tyylikäs ja että se halutaan ikkunan eteen. Valkoinen väri sopii haastateltavan mukaan lähes kaiken kanssa, joten se olisi väreistä paras. Haastateltava ajatteli leijutus alustaa ensin laattana. Haastateltava leijuttaisi mieluiten pieniä ruukkuja ja yrttimäisiä kasveja, jotka ovat pienempiä kuin 15cm. Laitteen koko tulisi olla sellainen, että kasvit saadaan leijumaan ikkunan

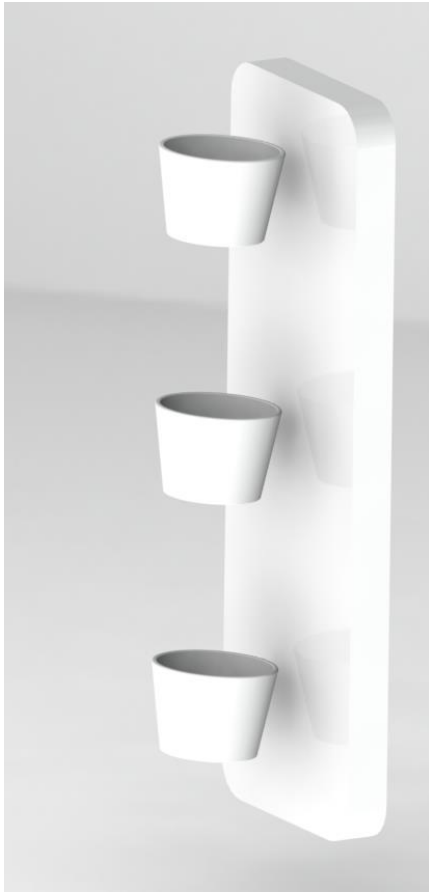
keskellä, noin puolimetriä riittää. Kolmen ruukun leijutaminen olisi riittävää ja leijutus korkeus olisi noin ruukun korkeuden verran (7cm). Haastateltava olisi maksamaan 80€, johon sisältyy, leijutus lauta, 3 ruukkua ja että se on tyylikäs. Kysyttäessä 100€ olisi maksimi. 200€ ei tulisi kuuloonkaan. Jos tuote maksaisi 150€ hän saattaisi ostaa, jos olisi ylimääraistä. Kysyttäessä haastateltava ei haluaisi leijuttaa muualla kuin ikkunan edessä, mutta kysyttäessä seinäleijutuksesta, sanoi hän, että ostaisi, jos se olisi tyylikkään näköinen. Tyylikäs on haastateltavan mukaan yksinkertainen ja joko suora-kaiteen muotoinen tai soikean ympyrän mallinen. Materiaalina olisi muovi, joka on mattapintainen.

Suunnitellaan alustavasti laite konseptia. Laitteen tulee näyttää kukkalaudalta, jotta käyttäjä ymmärtää heti, mihin laite on suunniteltu käytettävän. Lisäksi tuotteen liiallinen erilaisuus siihen mihin on totuttu saattaa olla este ostamiselle. Laitteen käynnistys nappi tulee lähelle paikkaa, johon laitteen virtajohto tulee, koska se vihjaa käyttäjälle, että se on käynnistysnappi. Laitteeseen ei tule muita nappeja. Virtajohdon paikka laitteessa on keskellä, koska tällöin laite on symmetrisen näköinen. Lisäksi ei voida tietää kummalla puolella asiakkailta pistorasiat ovat. Laitteen pohjaan tulee paikka kierittää sähköjohtoa, jos pistorasia on ikkunan välittömässä läheisyydessä ja johtoa jää käyttämättä. Paikat joihin ruukut laitetaan leijumaan, merkataan LED valoilla tai vaihtoehtoisesti ei mitenkään. Laitteen mukana tulee sen omat kukkaruukut, jotta asiakas ei käytä tuotteen kanssa vääränlaisia ruukkuja. Laitteeseen tulee 3 leijutuskohtaa ja mukana tulee 3 ruukkua. Laitteen paketointi tulee tehdä niin, että laitteen käyttöönotto koetaan mukavaksi. Paketissa pitää näkyä kuva, jossa ruukut lentävät alustan päällä, jotta asiakas tietää mistä tuotteesta on kyse. Laitteen mukana tulee lyhyt ohjekirja. Ohjekirjan tulee olla lyhyt, jotta se jaksetaan lukea. Käyttöönottoon tulee suunnitella vihjeet, jotka ohjaavat oikeanlaiseen käyttöönottoon. Ensinnäkin asiakkaalle tulee käydä selväksi, mitä osia käytetään silloin kun laite ripustetaan seinälle ja mitä osia silloin kun laite asennetaan ikkunan eteen. Pienillä ruukuilla vihjataan, että laitteella on tarkoitus leijuttaa, pieniä kasveja. Paketin mukana tulee mukana työkalu, jolla laite saadaan kasattua ja kiinnitettyä seinään tai ikkunan alle. Liitteessä 2-8 nähdään alustava piirros konsepti, josta lähdetään tekemään 3d-mallia. Lopputuloksena saatiin kaksi 3d-mallia, joista toinen on vaakatasossa (kuvio 20) ja

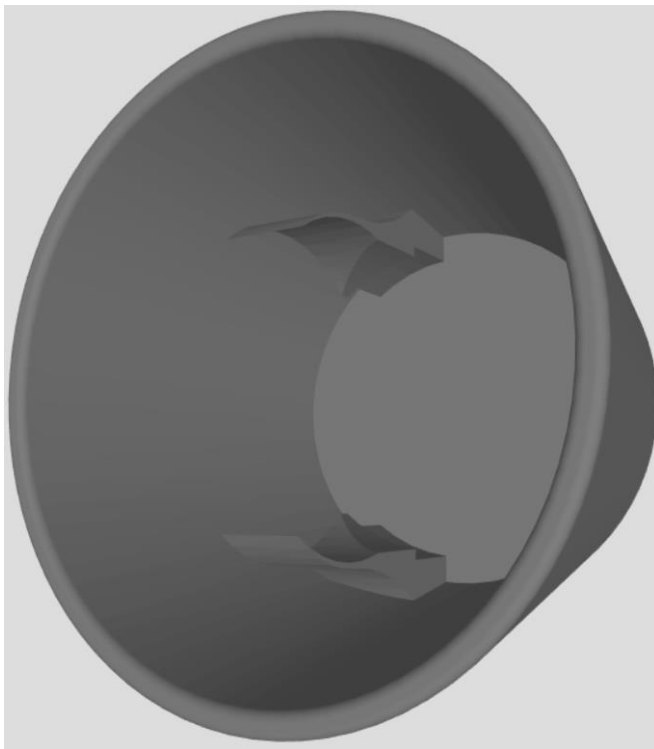
toinen pystysuunnassa (kuvio 21). Alusta on mallinnettu sen kokoiseksi, että sen sisään saadaan mahtumaan leijutus alusta, jonka koko on 35mm kertaa 160mm. Tämän kokoinen alusta löytyi amazon nettikaupasta, mutta koska alustoja on monen kokoisia, niin alustavasti valittiin vain jokin alustan koko. Pitää myös huomioda, että alustan koko muuttuisi, kun siitä puretaan kuoret sen ympäriltä. Tämä 3d-malli ei siis ole täydellinen eikä lähelläkään lopullista tuotetta, vaan sen on pikemminkin suuntaa antava. Alustaan ei myöskään mallinnettu sähköjohtoa, eikä sähköjohdon paikkaa. Pohjaan mallinnettiin seinäkiinnittimiä varten kohdat ja myös seinä kiinnittimet mallinnettiin. Oikeassa tuotteessa käytettäisiin valmiita seinäkiinnittimiä kustannusten säästämiseksi, joten seinäkiinnittimiä ei ole suunniteltu tarkasti. Kukkaruukut on suunniteltu siten, että sinne mahtuu ympyränmallinen kestopagneetti, joka on kooltaan 58mm kertaa 13mm. Pagneetti voidaan asentaa kukkaruukkuun niin pysty kuin vaakatasoon. Tämä mahdollistaa saman ruukun käyttämisen silloin, kun leijutin taso, käytetään vaakatasossa tai pystysuunnassa. Paikka johon magneetti tulee ruukussa, on suunniteltu siten, että magneetti pysyy paikalla, kun ruukkuun laitetaan multaa. Ilman multaa, magneetti saattaa irrota kesken leijutuksen. Kuviossa 22 nähdään, miten kukkaruukkuun suunniteltiin magneetin paikka. Tämä paikka suunniteltiin siten, että magneetti saadaan kiinni pysty- ja vaakatasoon.



Kuvio 20 3d-malli kukkatelineestä



Kuvio 21 kukkateline pystyssä



Kuvio 22 kukkaruukku sisältä

## 8.8 Gate 3 tuotekehitys

Kukkaruukun leijutin idealle, on keksitty tarkka asiakasryhmä ja siten tiedetään, millaisia vaatimuksia laitteella on. Alustavasta konseptista voitaisiin vielä tehdä kyselyä mahdollisilta asiakkailta, ulkonäön ja hinnan suhteen. Suurin riski on, että tuotteelle tulee liian suuri hinta, jolloin asiakas ei näe tarpeeksi suurta hyötyä tuotteesta, sen hintaan verrattuna. Tässä vaiheessa voitaisiin selvittää, olisiko tälle tuotteelle kiinnostuneita sijoittajia, jotta tuote saadaan tuotekehitykseen. Lisäksi tulee selvittää, kuinka kalliiksi tuotteen valmistaminen, logistiikka ja työntekijöiden palkat. Lisäksi on paljon muita kuluja joita, tuotteeseen ja tuotantotiloihin tulee. Pitää myös selvittää tuotteen myyntivolyymi olisi suurin piirtein, jotta tuote osataan hinnoitella oikein. Nyt tuotetta ei voida viedä tuotekehitykseen, koska sillä ei ole rahoitusta.

## 9 Tulokset

Työn edetessä huomattiin, että normaaleilla magneeteilla on mahdollista tehdä magneettista leijuttamista, mutta se vaatii vaihtuvan magneettikentän liikkeen avulla. Tästä esimerkkinä on Levitron lelu. Huomattiin myös, että kestromagneeteilla ei voida ”lukita” magneettia leijumaan käyttämällä vetäviä ja hylkiviä magneetteja, koska se olisi Earnshavin teorian vastainen. Leijutusta voidaan ajatella siten, että kuvitellaan keppi jota tasapainoillaan sormen päällä. Teorian tasolla siis olisi mahdollista saada keppi tasapainoon, jos sen ympärillä ei ole yhtään muuttujia, eli mikään ei aiheuta pientä sivuttaista voimaa, joka työntäisi keppiä pikkuisin pois sen tasapainoasemasta. Todellisuudessa keppiä tasapainoillaan liikuttamalla sormeaa pienin liikkein, jotta keppi pysyy pystyssä. Levitron lelua voitaisiin ajatella siten, että pyöritetään normaalia hyrrää, jossa on pitkä tikku päässä, jolla hyrrä laitetaan pyörimään. Hyrrä voidaan laittaa pyörimään myös väärinpäin, eli siten että hyrrä pyörii tikku osa alhaalla päin. Tällöin hyrrä tasapainoittaa itseään, ettei se kaadu. Samantapainen ilmiö tapahtuu levitron lelussa. Sähkömagneetteja käytettäessä voidaan ajatella, että kepin tasapainottelu tapahtuu, kuin sitä tasapainoiltaisiin sormen päällä. Magneettikenttä siis muuttuu siitä mukaa, kun magneetti liikkuu sivulle päin ja näin ohjaten leijutettavan magneetin takaisin tasapainopisteeseen.

Konseptia seitsemän suunniteltaessa toiminnankuvaus tasolla huomattiin, että uuden elektronisen laitteen suunnittelu on erittäin vaikeaa. Lisäksi tallainen tuotekehitys vaatisi useita testivaiheita ja jonkin verran työntekijöitä. Kukkaruukun leijuttamislaitteeseen voitaisiin, kuitenkin käyttää valmiita leijutin alustoja, mikä lyhentäisi tuotekehitys aikaa merkittävästi ja mahdollistaisi sen, että tuotetta olisi järkevä lähteä kehittämään. On kuitenkin mahdotonta sanoa, onko järkevää lähteä tuotteistamaan tällaista tuotetta. Ikinä ei voida olla varmoja, onko jonkin uuden tuotteen tuominen markkinoille menestys vai pettymys. Steve Jobsin mukaan ihmiset eivät tiedä mitä he haluavat, ennen kuin he näkevät sen. Tämä ollaan huomattu myös, vaikka tuotetta oltaisiin kehitetty käyttäen kohde ryhmiä ja käyttäjäkeskeistä suunnittelua, mutta sitten kun tuote on valmis ja se pitäisi ostaa, niin ihmiset eivät näe tarpeeksi suurta hyötyä tuotteesta, jotta he ostaisivat sen.

Tuotteesta saatiin lopulta haastateltavan mukaan hienon näköinen tuote, mutta haastateltava itse, ei ostaisi tuotetta sen kalliin hinnan takia. Hinnaksi haastateltavalle sanottiin 200€. Haastateltava ei myöskään kuulu suunniteltuun asiakasryhmään vaan hän on vielä opiskelija. Haastateltava kuitenkin on sitä mieltä, että saattaisi ostaa tuotteen kun hänen rahallinen tilanne paranee.

## 10 Pohdinta

Opinnäyteytön tavoitteena oli kehittää tuote piilolinssin silmään laittamiseksi.

Tuotteen tärkeimpänä ominaisuutena oli käyttää magneettista leijuttamista.

Tuotteen kehittämiseksi ei kuitenkaan löytynyt vankkoja perusteita, koska piilolinssin laittamiseen on olemassa halvempia ja tarpeeksi hyviä ratkaisuja. Vaikka työssä ei päästy siihen tulokseen mitä, aluksi ajateltiin, aikaan saatuun työhön ollaan kuitenkin tyytyväisiä, koska opittiin tarkastelemaan omaa ideaa kriittisemmin. Lisäksi päästiin kuitenkin tekemään tuotekehitystä, kun aihetta muutettiin kukkaruukunleijuttamiseen. Työssä oltaisiin myös haluttu päästä tekemään prototyyppiä, mutta aikarajat tulivat vastaan. Lisäksi prototyypin tekemiseen oltaisiin tarvittu rahoitusta.

Työssä käytetään jonkinverran olettamuksia, ja päätelmiä tehdään videoiden pohjalta. Tällainen päätelmien tekeminen ei ole täysin luotettavaa, koska videon

tekijän taustoista ei ole niin hyvää selvyyttä. Tuotesuunnittelussa käytettiin apuna muutamaa kirjaa, joista haettiin vain yleistä kuvaa siitä, millainen tuote on käytettävä ja miellyttävän näköinen. Tähän aiheeseen pitäisi tutustua enemmän, jotta tuotteesta saataisiin miellyttävä ja helppokäyttöinen.

Selvitettiin millaista olisi tehdä mikropiiri, jolla pystyttäisiin kontrolloimaan sähkömagneetteja ja lukemaan hall-anturien dataa. Tämä osoittautui monimutkaiseksi, joten apua pyydettiin ohjaavalta opettajalta. Häneltä saatiin muutama yhteystieto joihin voisi olla yhteyksissä, mutta kukaan heistä ei vastannut. Opinnäytetyö pysähtyi sinällään kesken, koska prototyyppiä ei päästä tekemään, mutta koska prototyypille ei sinällään ole tarvetta, stage-gate mallin avulla tarkasteltuna, voidaan konsepti 7 päättää. Stage-gate mallin käyttäminen mahdollisti, sen että huomattiin ajoissa konseptin 7 suuri puute, joka on asiakasryhmän puuttuminen. Jos konseptia seitsemän oltaisiin viety kehitykseen oikeassa yrityksessä olisi se tarkoittanut paljon rahan käyttöä tuotekehitykseen, jolle ei ole käyttäjäryhmää. Ei kuitenkaan voida tietää, oltaisiinko konseptille seitsemän löydetty käyttäjäryhmää myöhemmässä vaiheessa.

Opinnäyteytöstä on kuitenkin ollut hyötyä, koska ainakin huomataan, että magneettisesta leijuttamisesta ei ole hirveästi tietoa. Tällähetkellä tutkitaan enemmän suprajohteilla leijuttamista, mutta koska suprajohteissa käytetään kalliita laitteita ja magneetit pitää saada erittäin kylmäksi, jotta niillä saadaan aikaiseksi magneettista levitaatiota, ei suprajohteita ole vielä järkevää käyttää laitteissa, jotka tulevat kuluttajalle. Lisäksi saatiin tietoa siitä, miten magneettinen leijuttaminen toimii. Leijuttaminen vaatii muuttuvaa magneettikenttää, koska Earnshawin teorian mukaan kestromagneeteilla ei voida leijuttaa toista magneettia stabiilissa magneettikentässä. Diamagnetismilla voidaan leijuttaa paikallaan pysyvää kappaletta, mutta sen huonona puolena on se, että diamagnetismin hylkimisvoima on niin heikkoa, että sillä ei saada leijutettua kovin isoja kappaleita ellei magneettikentät ole erittäin voimakkaita. Niin voimakkaiden magneettikenttien aikaasaaminen vaatii hurjan määrän energiaa ja sen huonona puolena olisi se, että metalliset esineet lentäisivät laiteeseen.

Konsepti 7 pysähdyttyä alettiin pohtia uusia käyttökohteita magneettiselle leijuttamiselle. Mieleen juolahti, että kukkaruukkuja voitaisiin leijuttaa, koska se



näyttäisi hienolta ja kukkaruukun ei tarvitse olla liikkeessä. Koska kukkaruukku on paikallaan, todettiin että voidaan käyttää konseptia 4, koska sellainen tuote on jo olemassa ja silloin myös helpompaa valmistaa. Lisäksi konseptin 4 hyötynä on se, että siinä on kestopagneetti, johon kukkaruukku pystyy tarttumaan, mikä tulee sähkökatkos. Tämän uuden kukkaruukku konseptin eteenpäin mahdollisti sen, että voidaan aloittaa tuotesuunnittelu. Tuotesuunnittelusta opittiin, se kuinka paljon pitää ottaa huomioon asioita kun tuotetta lähdetään suunnittelemaan ihmisille. Tuote on omasta mielestä käytettävä ja yksinkertainen, mutta koska sillä ei ole tehty käyttäjätestausta, ei voida varmasti tietää osaisivatko asiakkaat käyttää tuotetta oikein.

## Lähteet

Alonso, M., Finn, E., 1992. Physics. UK: Addison-Wesley

Cole, A., 2014. What does sound look like. Npr.org. Viitattu 21.2.2018.  
<https://www.npr.org/2014/04/09/300563606/what-does-sound-look-like>

Cooper, R. 2011. Winning at new products. New York: Basic books

Cooper, R. N.d. Stage-gate and agile development: depunking the myths. Stage-gate international. Viitattu 15.03.2018. [https://www.stage-gate.com/resources\\_stage-gate\\_agile.php](https://www.stage-gate.com/resources_stage-gate_agile.php)

Deshmane, A., Fisher, K., Seitz, E., & Szeto, K. 2011. Levitron: Playing with magnetic levitation. MIT. Viitattu 08.02.2018 <http://web.mit.edu/viz/levitron/Physics.html>

Electromagnets. N.d. Viitattu 07.03.2018. <http://www.ece.neu.edu/fac-ece/nian/mom/electromagnets.html>

Gallo, C., 2010. The innovation secrets of Steve Jobs, insanely different principles for breakthrough success. US: McGraw Hill

Inkinen, P., Tuohi, J., 1999. Momentti 1 Insinöörifysiikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy

Japanese style levitating bonsai pot. N.d. Amazon. viitattu 22.3.2018.  
[https://www.amazon.com/Japanese-style-Levitating-Air-Bonsai/dp/B06XSYG67/ref=pd\\_sbs\\_79\\_9?encoding=UTF8&pd\\_rd\\_i=B06XSYG67&pd\\_rd\\_r=K9JF3EH24X703JBCP2C4&pd\\_rd\\_w=OQNye&pd\\_rd\\_wg=rqQim&psc=1&refRID=K9JF3EH24X703JBCP2C4](https://www.amazon.com/Japanese-style-Levitating-Air-Bonsai/dp/B06XSYG67/ref=pd_sbs_79_9?encoding=UTF8&pd_rd_i=B06XSYG67&pd_rd_r=K9JF3EH24X703JBCP2C4&pd_rd_w=OQNye&pd_rd_wg=rqQim&psc=1&refRID=K9JF3EH24X703JBCP2C4)

Jfehr67. 2011. Magnetic levitation sculpture. Instructables. Viitattu 14.2.2018.  
<http://www.instructables.com/id/Magnetic-Levitation-Sculpture/>

Johnsson, B., 2004. Digitaalitekniikka, A ja B oppikirja. IS-VET

Lacy, J. 2014. Acoustic levitation – hoverboard part 2. Wordpress. Viitattu 14.02.2018. <https://48hzlacy.wordpress.com/2014/03/13/acoustic-levitation-hoverboard-part-2/>

Levitating globe. 2014. Odditymall. Viitattu 14.02.2018. <https://odditymall.com/levitating-globe>

Lehto, H., Havukainen, R., Maalampi, J., Leskinen, J., 2011. Fysiikka 7 Sähkömagnetismi. Helsinki: Tammi

Levitation possible N.d. Viitattu 10.4.2018.  
<http://www.ru.nl/hfml/research/levitation/diamagnetic/levitation-possible/>

Lidwell, W., Holden, K., Butler, J., 2010. Universal principles of design. US: Rockport publisher.

Light it up. 2016. Electromagnetic levitation device. Youtube. Viitattu 10.03.2018  
<https://www.youtube.com/watch?v=AU0q4wVohF8>

Livingston, James., 2011. Rising force: The Magic of Magnetic Levitation. Harvard University Press

Magnetic levitation sculpture. 2011 Viitattu 14.02.2018.

<http://www.instructables.com/id/Magnetic-Levitation-Sculpture/>

Meissner effect. 2018. Wikipedia. Viitattu 13.2.2018.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Meissner\\_effect#/media/File:EfektMeisnera.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Meissner_effect#/media/File:EfektMeisnera.svg)

Norman, D., 1988. Miten avata mahdottomia ovia. Jyväskylä: Gummerus kirjanpaino Oy

Peltonen, H., Perkiö, J., Vierinen, K. 2004. Insinöörin (AMK) fysiikka osa II. Lahden Teho-Opetus Oy

Poole, C., Haracio, A., Farach., Richard, J., Ruslan, P., 2006. Superconductivity. Elsevier Science.

Ultrasonic levitation (in air). N.d. brucedrinkwater. viitattu 10.03.2018

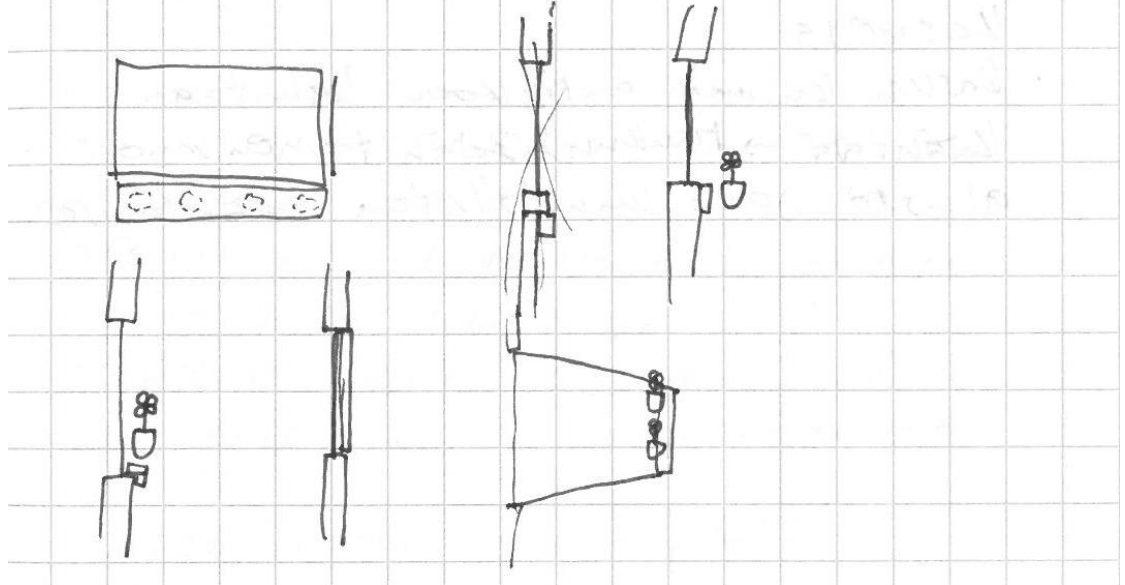
<https://brucedrinkwater.wordpress.com/portfolio/ultrasonic-levitation-in-air/>



## Liite 2. Ensimmäinen hahmottelu

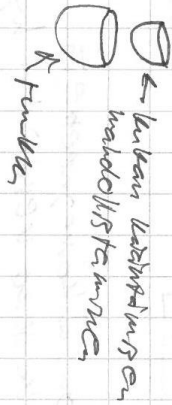
business case: asukkaat

ei mennä developmentiin vaan oikentaan



## Liite 3. Hahmottelua

luncheon suunnitellaan 5000. Oletetaan  
on paikalla maagisesti vain yksi  
lain pohjassa kukaan ei muuta



-perus ohjelmaksi:

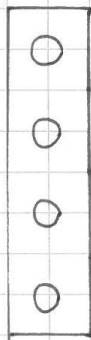
!! kassat ja kalusteen usomus illan  
otetaan

• kassat ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen

• illan otetaan ei lausua jo  
kassat

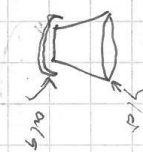
• kassat ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen → kassat ja kalusteen  
alusta, jotta kassat ja kalusteen

• kassat ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen, kassat ja kalusteen  
alusta, jotta kassat ja kalusteen



luncheon 14cm

pieni luncheon 11cm ylä  
8,5cm ala



luncheon 13cm ylä  
12,5cm ala

affordanssit: luncheon pohja sa  
kassat ja kalusteen

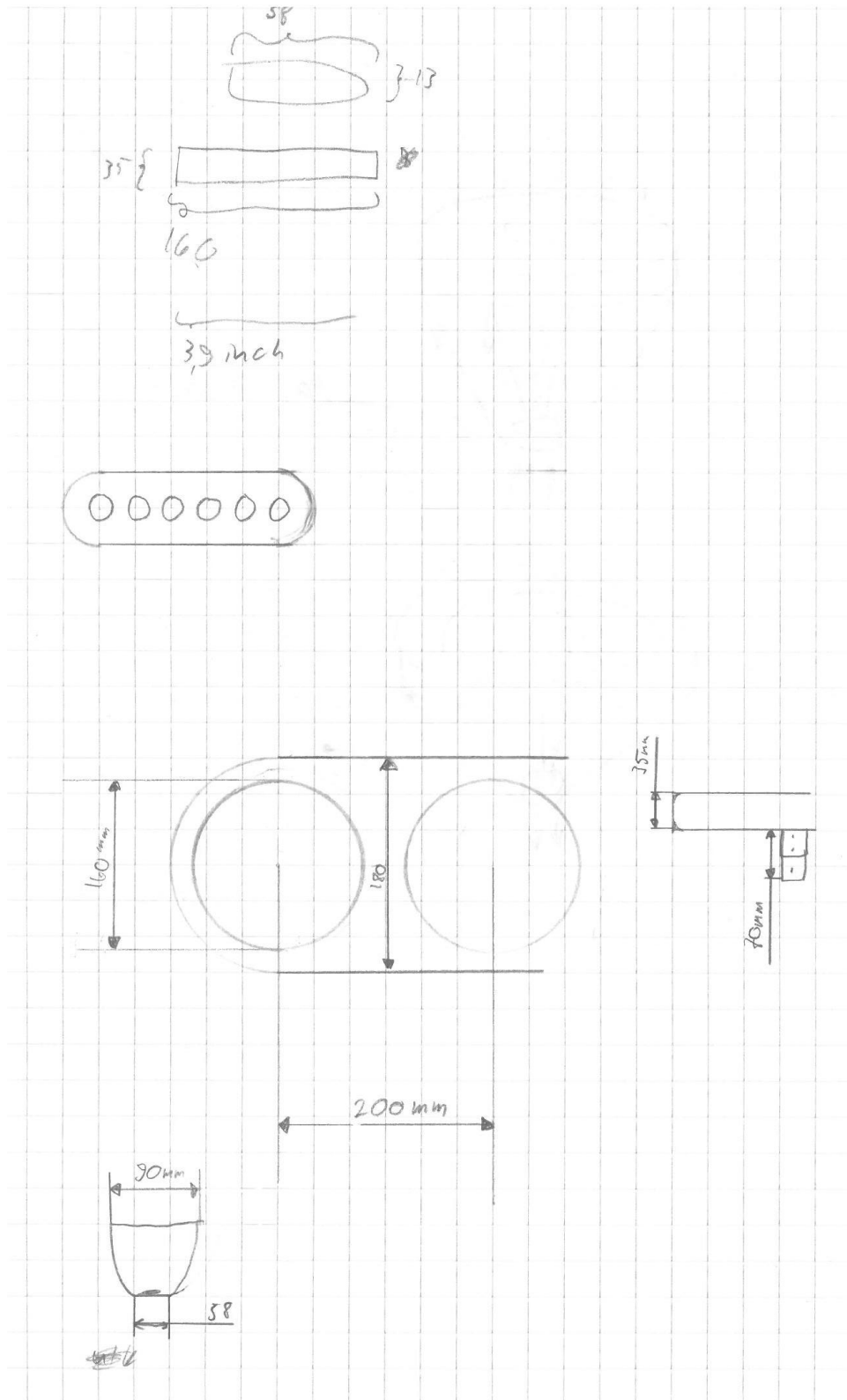
• alusta ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen

tuote

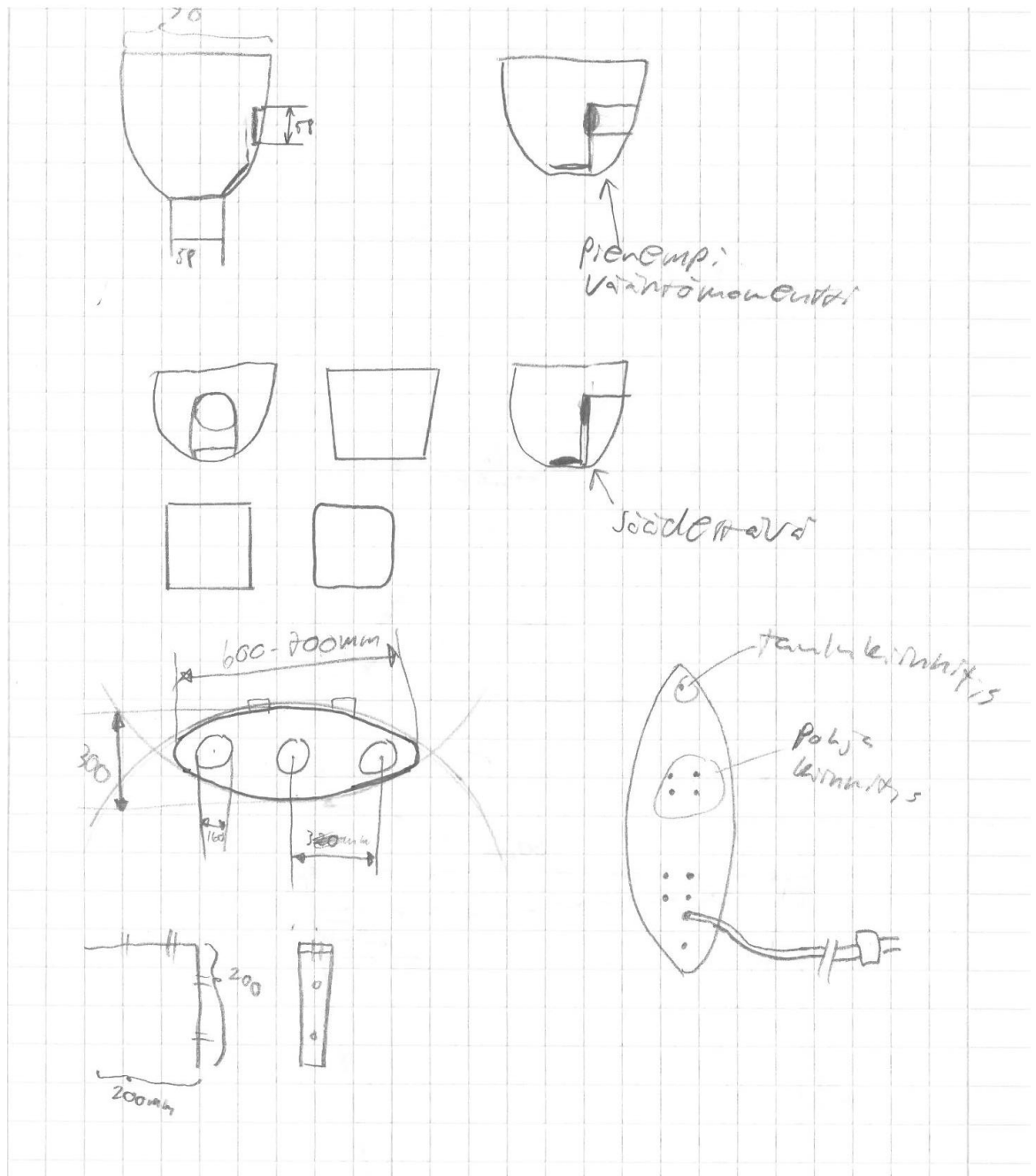
• alusta ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen

• kassat ja kalusteen suunnittelun  
muuttaminen

## Liite 4. Mitoitus

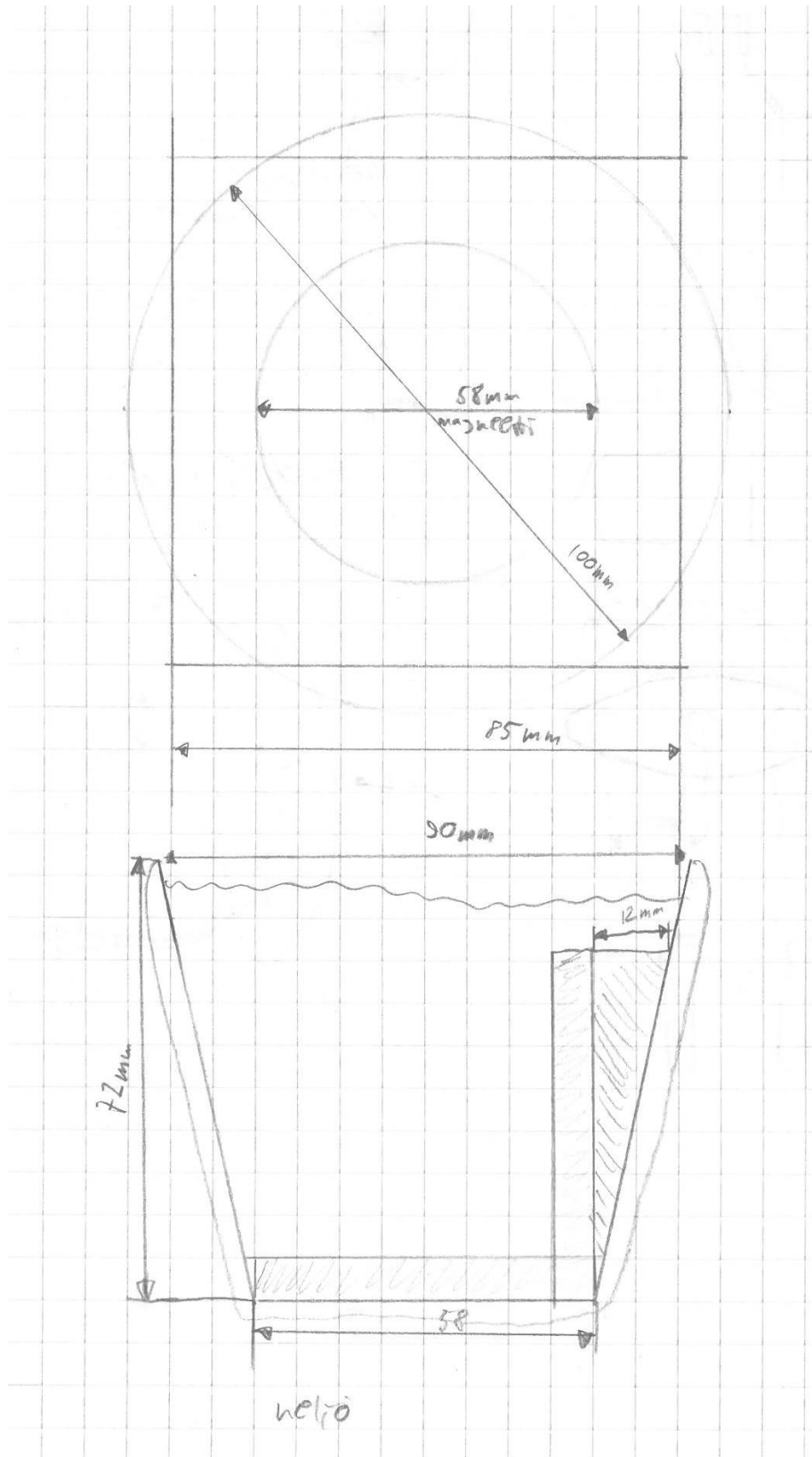


## Liite 5. Hahmoittelu

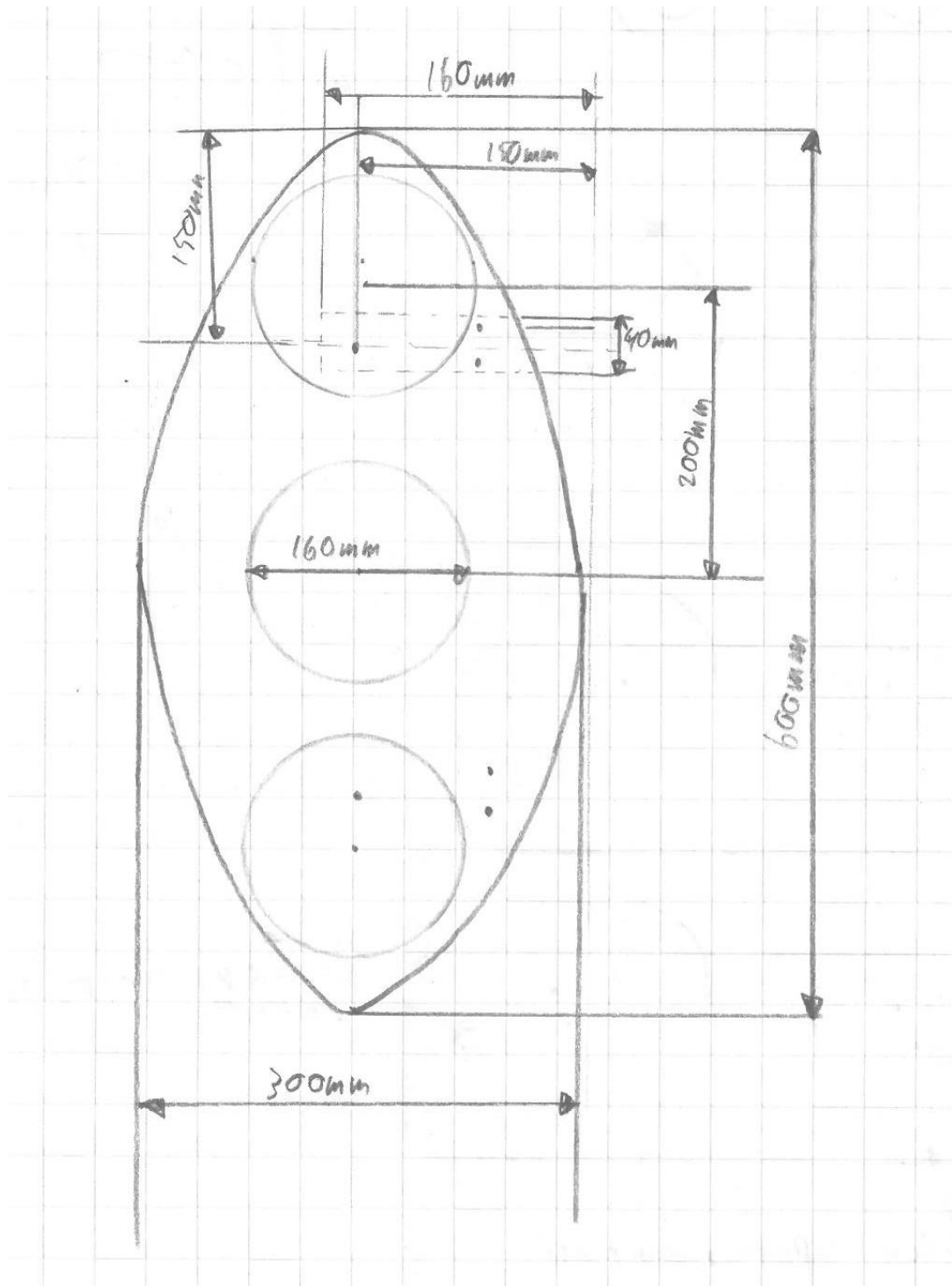




Liite 6. Tarkat mitat kukkaruukussa



Liite 7. Tarkat mitat alustassa



## Liite 8. Eri muotojen vertausta

